Briefe

an eine

deutsche Prinzessinn

über verschiedene Gegenstände

aus der Physik und Philosophie.

Aus dem Französischen übersetzt.

Dritter Theil.

Zweyte durchaus verbesserte Auflage.

Mit Churfürstl. Sächs. gnädigstem Privilegio.

Leipzig,

bey Johann Friedrich Junius, 1780.

Inhalt des dritten Theils.

Seite

Hundert und fünf und funfzigster Brief.

Ueber das berühmte Problem von der Länge zur See: allgemeine Beschreibung der Erde, ihrer Axe, ihrer zween Pole und des Aequators. 1

Hundert und sechs und funfzigster Brief.

Von der Größe der Erde, von den Mittagskreisen und von dem kürzesten Wege. 5

Hundert und sieben und funfzigster Brief.

Von der Breite und ihrem Einfluß auf die Jahreszeiten und die Länge der Tage. 10

Inhalt der Briefe

Seite

Hundert und acht und funfzigster Brief.

Von den Parallelkreisen, dem ersten Mittags-kreise und den Längen. 14

Hundert und neun und funfzigster Brief.

Von der Wahl des ersten Mittagskreises. 19

Hundert und sechzigster Brief.

Ueber die Methode die Breite oder die Polhöhe zu bestimmen. 23

Hundert und ein und sechzigster Brief.

Erstes Mittel zur Kenntniß der Länge zu gelangen, durch die Schätzung des zurückgelegten Weges. 28

Hundert und zwey und sechzigster Brief.

Fortsetzung des vorhergehenden Briefes, und von den Mängeln dieser ersten Methode. 33

Hundert und drey und sechzigster Brief.

Zweyte Methode die Längen zu bestimmen, vermittelst einer richtigen Uhr. 37

des dritten Theils.

Seite

Hundert und vier und sechzigster Brief.

Fortsetzung des vorhergehenden Briefes und weitere Erläuterungen. 41

Hundert und fünf und sechzigster Brief.

Die Mondfinsternisse, als das dritte Mittel die Längen zu bestimmen, betrachtet. 47

Hundert und sechs und sechzigster Brief.

Die Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten geben eine vierte Methode die Längen zu bestimmen. 52

Hundert und sieben und sechzigster Brief.

Die Bewegung des Mondes giebt die fünfte Methode zur Bestimmung der Längen an die Hand. 58

Hundert und acht und sechzigster Brief.

Von den Vortheilen dieser letzten Methode vor den vorhergehenden, und von ihrem Grad der Genauigkeit. 61

Hundert und neun und sechzigster Brief.

Ueber den Kompaß und die Eigenschaften einer Magnetnadel. 66

Inhalt der Briefe

Seite

Hundert und siebenzigster Brief.
Ueber die Abweichung der Magnetnadel und über die Weise sie zu beobachten. 70

Hundert und ein und siebenzigster Brief.
Ueber die Veränderung der Abweichung der Magnetnadel an dem nemlichen Orte. 74

Hundert und zwey und siebenzigster Brief.
Ueber die Karte der Abweichungen, und auf was Weise sie zur Entdeckung der Längen dienen könnte. 78

Hundert und drey und siebenzigster Brief.
Warum die Magnetnadeln an jedem Orte der Erde eine gewisse Richtung vorzüglich lieben; warum diese Richtung an verschiedenen Orten verschieden ist, und aus welchem Grunde sie mit der Zeit an dem nemlichen Orte ändert. 82

Hundert und vier und siebenzigster Brief.
Weitere Erläuterungen über die Ursache und Veränderung der Abweichung der Magnetnadeln. 86

Hundert und fünf und siebenzigster Brief.
Ueber die Senkung der Magnetnadeln. 90

Hun-

des dritten Theils.

Seite

Hundert und sechs und siebenzigster Brief.

Ueber die wahre magnetische Richtung, und über die subtile Materie, die die magnetische Kraft hervorbringt. 95

Hundert und sieben und siebenzigster Brief.

Fortsetzung über die Natur dieser magnetischen Materie, und ihren schnellen Strom. Von den magnetischen Kanälen. 102

Hundert und acht und siebenzigster Brief.

Von dem magnetischen Wirbel und von der Wirkung eines Magnets auf den andern. 106

Hundert und neun und siebenzigster Brief.

Ueber die Natur des Eisens und des Stahls, und auf welche Weise sie die magnetische Kraft annehmen können. 112

Hundert und achtzigster Brief.

Von der Wirkung der Magnete auf das Eisen und den Erscheinungen, die man wahrnimmt, wenn man Stücke Eisen in die Nähe eines Magnets legt. 116

Hundert und ein und achtzigster Brief.

Ueber die Einfassung (Armatur) der Magnete. 121

Inhalt der Briefe

Seite

Hundert und zwey und achtzigster Brief.
Ueber die Wirkung und Kraft der armirten Magnete. 125

Hundert und drey und achtzigster Brief.
Ueber die Weise, dem Stahle die magnetische Kraft mitzutheilen: über die Weise die Kompaßnadeln magnetisch zu machen; von dem einfachen Strich, von seinen Mängeln und den Mitteln ihnen abzuhelfen. 130

Hundert und vier und achtzigster Brief.
Ueber den doppelten Strich und die Mittel, die magnetische Materie in den magnetisch gemachten Stäben festzubehalten. 134

Hundert und fünf und achtzigster Brief.
Wie man stählernen Stäben eine sehr große magnetische Kraft, vermittelst anderer Stäbe, mittheilt, die nur eine sehr geringe Kraft besitzen. 141

Hundert und sechs und achtzigster Brief.
Ueber die Verfertigung der künstlichen Magnete, in Gestalt der Hufeisen. 145

Hundert und sieben und achtzigster Brief.
Ueber die Dioptrik; von den Instrumenten, die sie uns verschafft, um unser Gesicht zu ver-

Seite

verstärken. Von den Teleskopen und Mikroskopen. Von den verschiedenen Gestalten, die man den Gläsern oder Linsen giebt. 151

Hundert und acht und achtzigster Brief.

Ueber die Verschiedenheit der Linsen in Absicht auf die Krümmung ihrer convexen und concaven Flächen. Eintheilung der Linsen in drey Classen. 156

Hundert und neun und achtzigster Brief.

Von der Wirkung der convexen Gläser. 162

Hundert und neunzigster Brief.

Ueber den nemlichen Inhalt und von dem Abstande des Brennpunkts (Focalabstand, Brennweite) der convexen Gläser. 166

Hundert und ein und neunzigster Brief.

Ueber den Abstand des Bildes der Objecte. 173

Hundert und zwey und neunzigster Brief.

Ueber die Größe dieser Bilder. 177

Hundert und drey und neunzigster Brief.

Ueber die Brenngläser. 183

Hundert und vier und neunzigster Brief.

Ueber die Camera obscura. 187

Inhalt der Briefe

Seite

Hundert und fünf und neunzigster Brief.
Anmerkungen über die Abbildungen in der Camera obscura. 193

Hundert und sechs und neunzigster Brief.
Ueber die Zauberlaternen und Sonnenmikroskopen. 197

Hundert und sieben und neunzigster Brief.
Ueber den Nutzen und die Wirkung eines einfachen convexen Glases, wenn man unmittelbar durch selbiges sieht. 200

Hundert und acht und neunzigster Brief.
Ueber den Nutzen und die Wirkung eines concaven Glases, wenn man unmittelbar durch dasselbe sieht. 205

Hundert und neun und neunzigster Brief.
Von der scheinbaren Größe, von dem Sehwinkel, und über die Mikroskope überhaupt. 209

Zweyhunderrster Brief.
Ueber die Schätzung der Vergrößerungen der durch Mikroskope betrachteten Objecte. 213

Zweyhundert und erster Brief.
Fundamental Lehrsatz für die Verfertigung der einfachen Mikroskope und Entwurf einiger einfachen Mikroskope. 217

Zwey-

des dritten Theils.

Seite

Zweyhundert und zweyter Brief.
Ueber die Gränzen und Mängel der einfachen Mikroskope. 223

Zweyhundert und dritter Brief.
Ueber die Teleskope und ihre Wirkung. 227

Zweyhundert und vierter Brief.
Ueber die Taschen-Perspective. 231

Zweyhundert und fünfter Brief.
Ueber ihre Vergrößerungen. 237

Zweyhundert und sechster Brief.
Ueber die Mängel dieser Taschen-Perspective, und über das Gesichtsfeld. 242

Zweyhundert und siebenter Brief.
Bestimmung des Gesichtsfeldes für die Taschen-Perspective. 247

Zweyhundert und achter Brief.
Ueber die astronomischen Fernröhre und ihre Vergrößerungen. 251

Zweyhundert und neunter Brief.
Ueber ihr Gesichtsfeld und den Ort des Auges. 254

Zweyhundert und zehnter Brief.
Bestimmung der Vergrößerung eines astronomischen Fernrohrs, und Verfertigung solcher

Inhalt der Briefe

Seite

cher Fernröhre, die die Objecte gewisse-
mal vergrößern. 258

Zweyhundert und eilfter Brief.
Von dem Grade der Helligkeit. 262

Zweyhundert und zwölfter Brief.
Ueber die Oeffnung der Objectivgläser. 267

Zweyhundert und dreyzehnter Brief.
Ueber die Deutlichkeit in der Darstellung; über
den durch die Oeffnung der Objectivgläser
verursachten Zerstreuungsraum, als die
erste Quelle der Undeutlichkeit. 272

Zweyhundert und vierzehnter Brief.
Von der Verminderung der Oeffnung der Glä-
ser, und andern Mitteln, den Zerstreuungs-
raum zu verringern, und sogar in Nichts
zu verwandeln. 277

Zweyhundert und funfzehnter Brief.
Von den zusammengesetzten Objectivgläsern. 283

Zweyhundert und sechzehnter Brief.
Von der Form der einfachen Objectivgläser. 288

Zweyhundert und siebenzehnter Brief.
Zweyte Quelle der Undeutlichkeit in Fernröhren;
über die verschiedene Brechbarkeit der
Stralen. 293

des dritten Theils.

Seite

Zweyhundert und achtzehnter Brief.

Ueber ein Mittel diesem Fehler abzuhelfen, indem man aus Glas und Wasser zusammengesetzte Objectivgläser gebraucht. 297

Zweyhundert und neunzehnter Brief.

Ueber ein anderes brauchbareres Mittel, diesem Mangel abzuhelfen. 303

Zweyhundert und zwanzigster Brief.

Wiederholung aller Eigenschaften, die ein gutes Fernrohr haben muß. 309

Zweyhundert und ein und zwanzigster Brief.

Ueber die Erdfernröhre mit vier Gläsern. 313

Zweyhundert und zwey und zwanzigster Brief.

Ueber die Anordnung der Gläser in dergleichen Fernröhren. 317

Zweyhundert und drey und zwanzigster Brief.

Von einigen Vorsichtsregeln bey der Verfertigung der Fernröhre: von der Nothwendigkeit, die Röhre inwendig wohl zu schwärzen, und über die Blendungen (diaphragmes). 320

Zwey-

Inhalt der Briefe

Seite

Zweyhundert und vier und zwanzigster Brief.

Wie die Fernröhre uns den Mond, die Planeten, die Sonne und die Fixsterne vorstellen; warum diese letztern uns durch die Fernröhre kleiner scheinen als dem bloßen Auge. Schätzung des Abstandes der Fixsterne, wenn man ihre scheinbaren Größen mit der Größe der Sonne vergleicht. 323

Zweyhundert und fünf und zwanzigster Brief.

Ueber die Frage: Warum uns der Mond und die Sonne bey ihrem Auf- und Untergange größer scheinen, als wenn sie in die Höhe gestiegen sind? Von den Schwierigkeiten bey der Erklärung dieses Phänomens. 327

Zweyhundert und sechs und zwanzigster Brief.

Bemerkungen über diese schwierige Frage, und Wegräumung der Hindernisse, die man dabey antrifft. Ungereimte Erklärungen. 332

Zweyhundert und sieben und zwanzigster Brief.

Erster Schritt zur wahren Erklärung dieses Phänomens. Der Mond scheint weiter von uns entfernt zu seyn, wenn er am Horizont ist, als wenn er sich hoch am Himmel befindet. 335

des dritten Theils.

Seite

Zweyhundert und acht und zwanzigster Brief.

Der Himmelsraum erscheint uns unter der Gestalt eines beym Scheitelpunkt plattgedrückten Gewölbes. 340

Zweyhundert und neun und zwanzigster Brief.

Das Licht der Sterne, die sich am Horizonte befinden, ist sehr geschwächt, weil ihre Stralen einen weit größern Weg in unserer untern Atmosphäre zu durchlaufen haben, als wenn sie höher stehen; und eben aus diesem Grunde halten wir sie am Horizonte für weiter von uns entfernt und größer, als wenn sie in der Höhe sind. 344

Zweyhundert und dreyßigster Brief.

Ueber einige andere Gesichtsbetrüge, welche daher kommen, daß wir einen Gegenstand um so viel entfernter von uns glauben, als sein Licht oder sein Glanz uns schwächer scheint. Auf welche Weise die Maler sich dieß zu Nutze machen. 348

Zweyhundert und ein und dreyßigster Brief.

Ueber das Blau des Himmels. 351

Inhalt der Briefe des dritten Theils.

Seite

Zweyhundert und zwey und dreyßigster Brief.

Was sich ereignen würde, wenn die Luft vollkommen durchsichtig wäre, und von dem kläglichen Zustande, worin uns eine solche vollkommene Durchsichtigkeit stürzen würde. 354

Zweyhundert und drey und dreyßigster Brief.

Ueber die Brechung der Lichtstralen bey ihrem Eintritt in den Dunstkreis; über die Wirkungen dieser Brechung. Von der Dämmerung, und von dem scheinbaren Auf- und Untergange der Gestirne. 358

Zweyhundert und vier und dreyßigster Brief.

Daß uns die Gestirne höher scheinen, als sie wirklich sind, und über die Refractionstafel. 363 — 368

Nachricht an den Buchbinder.

Zu diesem dritten Theile gehören zwölf Blätter mit Figuren, welche der Buchbinder nach den oben daran bemerkten Seitenzahlen so anfügen muß, daß der Leser sie herausschlagen und vor Augen haben könne.

Briefe

Briefe

an eine

Prinzessinn in Deutschland

über verschiedene Gegenstände

aus der

Physik und der Philosophie.

Hundert und fünf und funfzigster Brief.

Madame,

Ew. Hoheit werden ohne Zweifel dafür halten, daß es endlich Zeit sey, die Elektricität zu verlassen, auch habe ich über diesen Gegenstand weiter nichts beyzufügen; allein, ich bin in einer nicht geringen Verlegenheit, um eine Materie zu finden, die der Aufmerksamkeit Ew. Hoheit würdig sey.

Ich glaube, um hier eine Auswahl zu treffen, vornehmlich auf solche Materien sehen zu müssen, die unsere Wißbegierde am meisten reizen, und deren die Schriftsteller oft erwähnen; Materien, von welchen Personen von Stande billig hinlänglich unterrichtet seyn müssen.

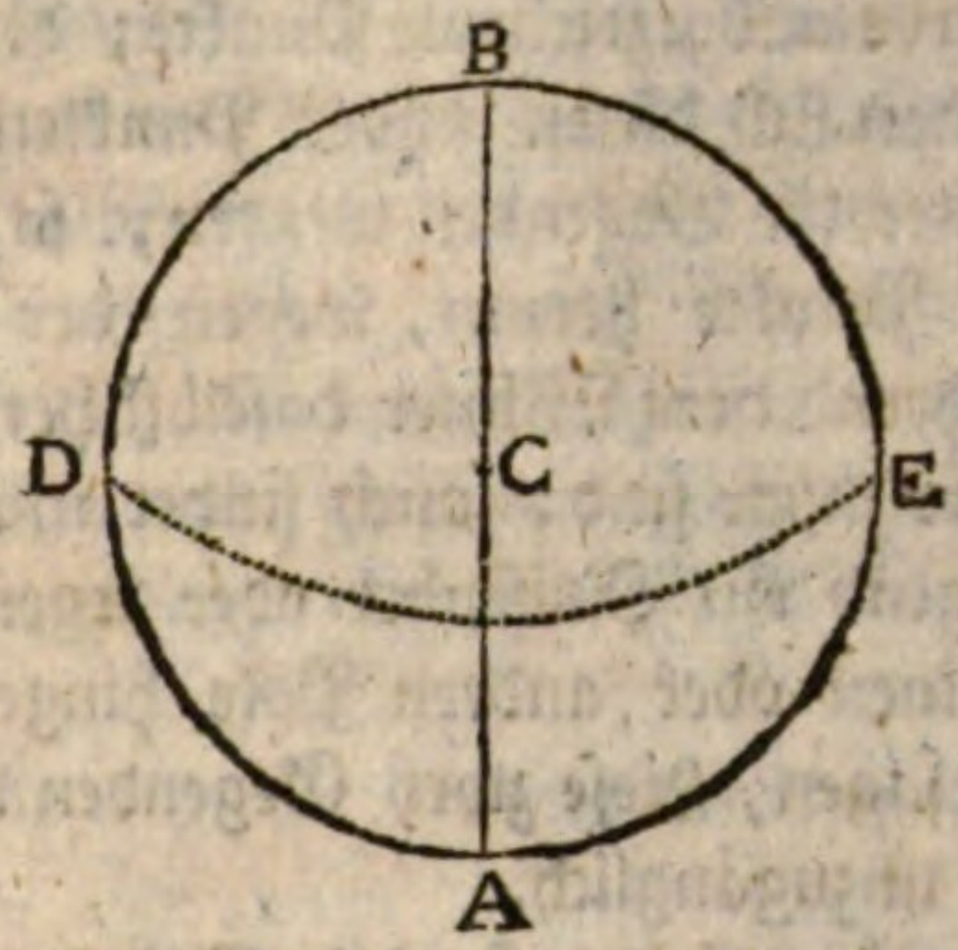
Da Ew. Hoheit ohne Zweifel öfters von dem berühmten Problem der Länge haben reden gehört, auf dessen Auflösung die Engländer große Belohnungen gesetzt haben, so glaube ich, nicht unrecht zu thun, wenn ich Ew. H. diese wichtige Frage zu erklären unternehme. Sie ist mit der Kenntniß unsrer Erdkugel so genau verbunden, daß man ihrer nicht entbehren kann, und ich werde dabey Gelegenheit haben, eine Menge von interessanten Artikeln zu erläutern, deren nähere Kenntniß Ew. Hoheit angenehm seyn wird.

Ich will den Anfang mit einer allgemeinen Beschreibung der Erde machen, welche man als eine Kugel ansehen kann, ob man gleich in den letztern Zeiten gefunden hat, daß ihre wahre Figur eine etwas eingedrückte Kugel ist; allein, der Unterschied ist so klein, daß wir ihn hier gar wohl hintansetzen können.

Wir müssen erstlich auf der Erdkugel die zwey auf ihrer Oberfläche liegenden Punkte bemerken, die man die beyden Pole der Erde nennt. Um diese zwey Punkte dreht sich die Erdkugel täglich, so wie man eine zwischen den zwey Spitzen einer Drechselbank eingespannte Kugel umdreht; diese Bewegung wird die tägliche Bewegung der Erde genennt, und jede Umdrehung wird ungefähr in 24 Stunden vollendet. Oder wollen wir nach dem Anschein reden, so wissen Ew. H., daß der ganze Himmel, den wir als eine hohle Kugel ansehen, in deren Mitte sich die Erde befindet, in der nämlichen Zeit von 24 Stunden sich um die Erde zu drehen scheint; und diese Bewegung geschieht ebenfalls um zwey stillstehende Punkte am Himmel, die man die Himmels-Pole nennt. Wenn wir uns nun eine gerade Linie vorstellen, die von dem einen dieser Himmels-Pole bis zum andern gezogen wird, so wird diese Linie mitten durch die Erde gehen.

Nun

Nun begreifen Ew. Hoheit leicht, daß es dem Anschein nach einerley seyn muß, ob die Erde sich um diese Pole dreht, wenn der Himmel ruht; oder ob der Himmel sich um seine Pole dreht, und die Erde in Ruhe ist. Die eine Vorstellung so wie die andre führt uns gleich auf Kenntniß der Erd-Pole, auf welche nicht allein die die Astronomie, sondern auch die Geographie gegründet ist.



Die beygefügte Figur stelle die Erdkugel vor, deren Pole die Punkte A und B seyen; der eine dieser Pole A wird der südliche, oder mittägige, oder auch der antarktische Pol genennt. Der andre Pol B wird der nordliche oder mitternächtliche, oder auch der arktische genennt; und dieser letztere ist denen Gegenden, die wir bewohnen, der nächste.

Ich merke an, daß diese zwey Pole einander gerade gegenüber stehen; das ist, wenn man eine gerade Linie A B von dem einen zum andern in dem innern der Erde zöge, so würde sie genau durch die Mitte C, oder durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Diese gerade

Linie AB hat ebenfalls ihren Namen, und wird die Axe der Erde genennt, die, wenn sie an beyden Enden bis zum Himmel verlängert wird, an demselben die Punkte bezeichnet, die man die Pole des Himmels nennt, und denen man die gleichen Namen, wie den Erd-Polen, giebt.

Diese zwey Pole der Erde sind keine bloße Erdichtung noch eine Grübeley der Astronomen und Erdbeschreiber, sie sind vielmehr sehr wesentliche auf der Oberfläche unsrer Erde ausgezeichnete Punkte; denn wir wissen, daß, je mehr man sich diesen beyden Punkten nähert, desto rauher und kälter die Gegenden werden, so daß die Länder um diese Punkte herum, wegen der übermäßigen Kälte, die während dem Winter daselbst herrschet, schlechterdings unbewohnbar sind; auch findet man keine Beyspiele, daß irgend ein Reisender oder irgend ein Schiff bis zu dem einen oder andern Pole hingekommen sey; man kann also sagen, diese zwey Gegenden der Erde seyn schlechterdings unzugänglich.

Nachdem wir also die beyden Pole der Erde A und B bestimmt haben, so begreift man, wie die ganze Erde in zwey Halbkugeln, wie DBE und DAE, zertheilt wird, deren jede zu oberst einen von den Polen enthält. Zu diesem Ende muß man die Erde durch ihren Mittelpunkt C entzwey schneiden, so daß der Schnitt auf die Axe der Erde senkrecht sey, und dieser Schnitt wird auf der Oberfläche der Erde einen Kreis bezeichnen, der rund um die Kugel geht, und aller Orten von den beyden Polen gleich weit entfernt ist. Dieser Kreis, der die Erde in ihrer Mitte umgiebt, führt den Namen des Aequators; die Länder nahe bey ihm sind die wärmsten, und deswegen, wie die Alten geglaubt haben, beynahe unbewohnbar, aber heutiges Tages findet man sie ziemlich bewohnt, obgleich die Hitze daselbst fast unerträglich ist.

Wenn man sich aber auf der einen und andern Seite von dem Aequator gegen die Pole hin entfernt, so werden die Gegenden je mehr und mehr gemäßigt, bis endlich, wenn man allzunahe zu den Polen kömmt, die Kälte unausstehlich wird.

Wie der Aequator die Erde in zwey Halbkugeln theilt, so trägt jede den Namen des Pols, der sich in ihr befindet. Die Hälfte DBE, welche den nordlichen Pol enthält, wird die **nordliche Halbkugel** genennt; und in dieser Hemisphäre liegt ganz Europa, beynahe ganz Asien, ein Theil von Afrika und die Hälfte von Amerika. Die andere Halbkugel DAE heißt die **mittägige** oder **südliche Hemisphäre**, und begreift den größten Theil von Afrika, die andere Hälfte von Amerika und viele Inseln, die man zu Asien zählt, wie Ew. Hoheit sich erinnern werden, auf der Welt-Karte gesehen zu haben.

Berlin den 18ten August 1761.

Hundert und sechs und funfzigster Brief.

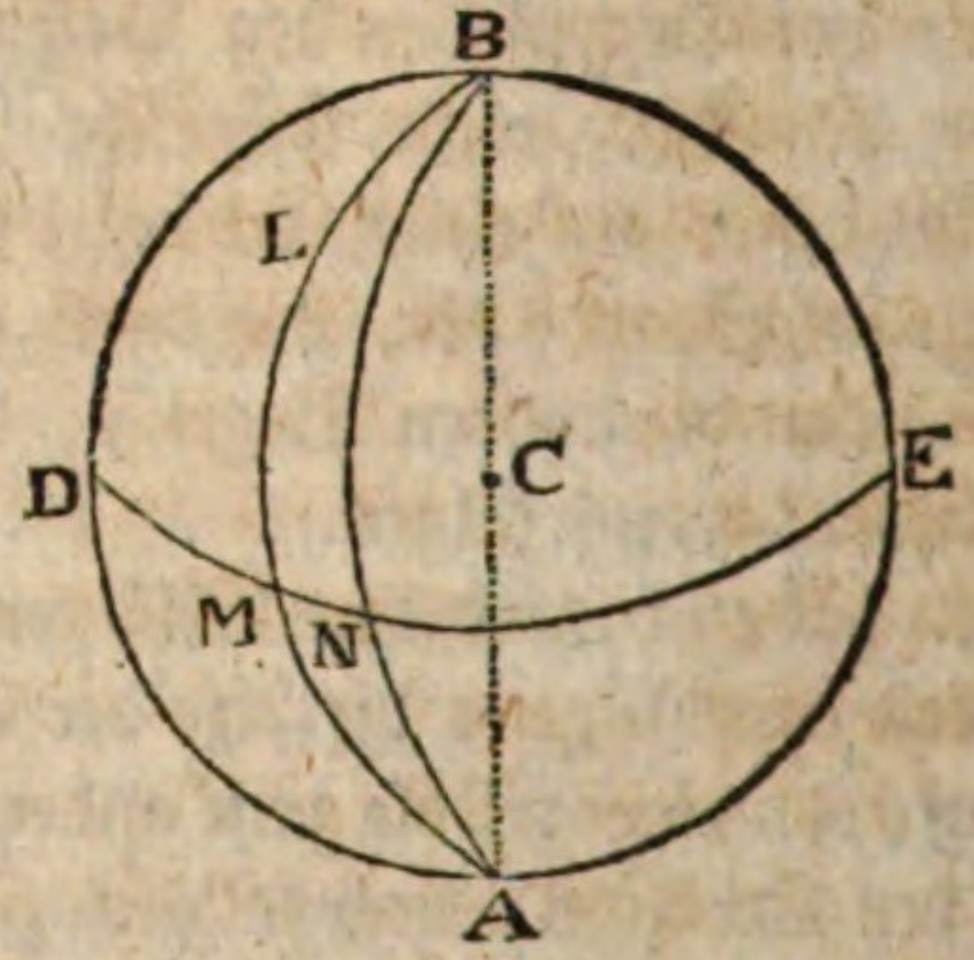
Nachdem wir den Begriff von den Polen und von dem Aequator der Erde recht festgesetzt haben, welchen Ew. Hoheit sich besser auf einer Erdkugel deutlich machen können, als ich im Stande bin, ihn durch eine Figur vorzustellen, so werden die andern Begriffe, die wir vonnöthen haben, leicht daraus folgen.

Inzwischen habe ich noch eine Erläuterung von grösserer Wichtigkeit beyzufügen: die Axe der Erde, die durch den Mittelpunkt von einem Pole zum andern geht, ist ein Durchmesser der Erdkugel, und folglich zweymal so groß als der Radius; man schätzt den Radius der Erde, oder den Abstand eines jeden Punktes der Oberfläche vom Mittelpunkt, auf 860 deutsche Meilen; folglich wird die Axe der Erde 1720 deutsche Meilen enthalten.

Weiter, da der Aequator ein Zirkel ist, dessen Mittelpunkt in dem Mittelpunkt der Erde liegt, und dessen Radius so groß wie der Radius der Erde, nemlich 860 Meilen ist, so wird der Durchmesser des Aequators auch 1720 Meilen groß seyn; der ganze Umkreis des Aequators wird folglich 5400 Meilen enthalten; oder man würde, wenn man die Erde längst dem Aequator ganz umreisen wollte, einen Weg von 5400 Meilen zu machen haben; woraus sich die Größe der Erde leicht beurtheilen läßt.

Da der Aequator ein Zirkel ist, so theilt man ihn in 360 gleiche Theile, die man Grade nennt; also enthält ein Grad des Aequators genau 15 deutsche Meilen, denn 15mal 360 machen 5400.

Jeder Grad wird überdieß ferner eingetheilt in 60 gleiche Theile, die man Minuten nennt, so daß jede Minute den vierten Theil einer deutschen Meile enthält, oder ungefähr 6000 Fuß; und also wird eine Secunde, die der sechzigste Theil einer Minute ist, 100 Fuß enthalten.



Da es mir nicht möglich ist, auf dem Papier eine Kugel anders, als durch einen Zirkel, vorzustellen, so werden Ew. H. durch die Einbildungskraft nachhelfen.

Also

Also da B, A, die zwey Pole der Erde sind; B der nordliche, und A der südliche: so wird DMNE den Aequator vorstellen, oder vielmehr diejenige Hälfte, die gegen uns gekehrt ist, weil die andre Hälfte des Aequators auf der andern Seite uns verdeckt ist.

Die Linie DMNE stellt uns also einen halben Zirkel vor, so wie auch BDA und BEA, da alle diese Halbzirkel ihre Mittelpunkte in dem Mittelpunkte der Kugel C haben. Man kann sich noch unendlich viele andere Halbzirkel denken, die alle durch die beyden Pole der Erde A und B gezogen sind, und so viele verschiedene Punkte des Aequators durchschneiden, als es verschiedene Halbzirkel giebt, wie BMA, BNA; diese werden alle den erstern Halbzirkeln BDA und BEA ähnlich seyn, obgleich in der Figur ihre Züge sehr verschieden sind. Die Einbildungskraft muß hiebey zu Hülfe kommen; denn auf einer wirklichen Kugel ist die Sache sehr einleuchtend.

Alle die von einem Pole zum andern gezogenen Halbzirkel, in welchem Punkte sie auch immer den Aequator durchschneiden mögen, werden Meridiane, Mittagskreise genennt; oder auch, ein Meridian ist nichts anders als ein Halbzirkel, der auf der Oberfläche der Erde von einem Pole zum andern gezogen ist, woraus Ew. H. einsehen, daß, man mag einen Ort auf der Oberfläche der Erde nehmen, welchen man will, wie z. E. den Punkt L, man sich immer einen Meridian BLMA denken könne, der durch die beyden Pole geht, und diesen Ort L durchschneidet. Alsdann nennt man diesen Meridian den Meridian des Ortes L. Wenn z. E. L Berlin wäre, so wäre der Halbzirkel BLMA der Meridian von Berlin; und eben so in Absicht auf alle andre Oerter der Erde.

Ew. Hoheit dürfen sich nur eine Kugel vorstellen, auf deren Oberfläche alle Länder der Erde gezeichnet

 sind,

sind, das feste Land sowohl als das Meer mit seinen Inseln. Eine solche künstliche Kugel, die Ew. Hoheit nicht unbekannt seyn kann, wird eine Erdkugel genennt. In Absicht auf alle Mittagskreise, die man sich darauf denken kann, und deren eine große Anzahl wirklich auf der Kugel gezogen ist, merke ich an, daß, da jeder ein halber Zirkel ist, er durch den Aequator in zwey gleiche Theile getheilt wird, wovon jeglicher einen Viertelszirkel, das ist, einen Bogen von 90 Graden, ausmacht. Also sind BD, BM, BN, BE Quadranten, so wie auch AD, AM, AN und AE; jeglicher enthält also 90 Grade. Man kann noch beyfügen, daß jeder senkrecht auf dem Aequator steht, oder mit ihm rechte Winkel macht.

Ich merke ferner an, daß, wenn man von dem Punkte des Aequators M bis zum Pole B reisen wollte, der kürzeste Weg seyn würde, längst dem Meridian MLB zu reisen; und da er ein Bogen von 90 Graden ist, ein Grad aber 15 deutsche Meilen beträgt, so würde der kürzeste Weg 1350 Meilen betragen, die man durchzulaufen hätte, um von dem Aequator zu einem der Pole zu gehen.

Ew. Hoheit werden sich erinnern, daß der kürzeste Weg von einem Orte zum andern die durch diese beyden Oerter gezogene gerade Linie ist; hier würde die vom Punkte M des Aequators bis zum Pole B gezogene gerade Linie in die Erde hinein fallen, ein Weg, den man unmöglich verfolgen könnte, weil wir so sehr an die Oberfläche der Erde angeheftet sind, daß wir nicht von derselben abweichen können. Aus diesem Grunde wird die Frage ganz verschieden, wenn es um den kürzesten Weg, der auf der Oberfläche einer Kugel von einem Orte zum andern führet, zu thun ist. Dieser kürzeste Weg auf einer Kugel ist keine gerade Linie mehr, sondern ein auf

ihrer Oberfläche von einem Orte zum andern gezogener Kreisbogen, dessen Mittelpunkt genau in den Mittelpunkt der Kugel selbst fällt. Dieses stimmt auch mit dem Falle, von dem hier die Rede ist, vollkommen überein; denn um von dem Punkte M des Aequators bis zum Pole B zu reisen, ist der Bogen des Meridians MLB, von dem ich gesagt habe, er sey der kürzeste Weg, wirklich ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt sich im Mittelpunkte der Erde befindet.

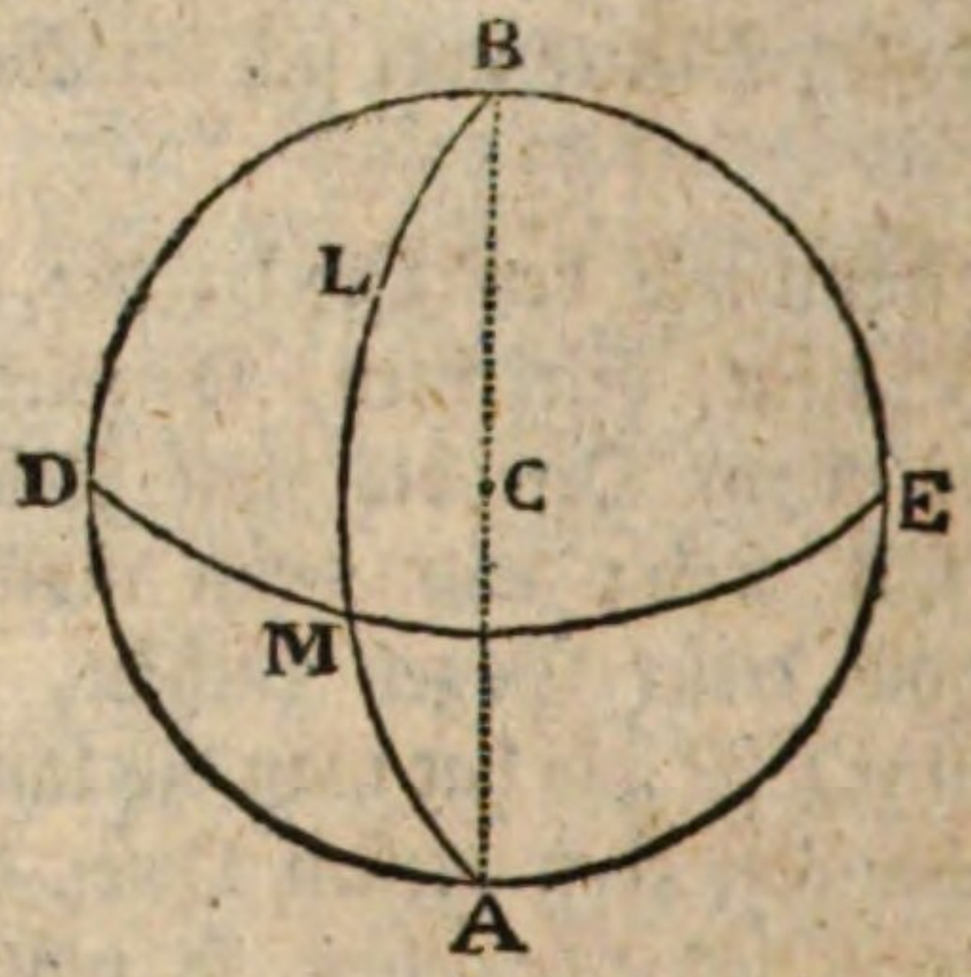
Eben so, wenn wir den Ort L, der in dem Meridian BLMA liegt, betrachten, so wird der kürzeste Weg, um von diesem Orte bis zum Pole B zu gehen, der Bogen LB seyn; und wenn man die Zahl der Grade weiß, die dieser Bogen enthält, und für jeden Grad 15 Meilen zählt, so hat man die Länge des Wegs. Wollte man aber von eben diesem Orte, durch den kürzesten Weg, zum Aequator gehen, so müßte man längst dem Bogen des Meridians LM reisen, dessen Größe in Graden, 15 Meilen auf jeden gerechnet, die Länge des Weges geben würde.

Im übrigen begnügt man sich, diese Wege durch Grade auszudrucken, weil es so leicht ist, sie in deutsche Meilen zu verwandeln, und weil andere Nationen sich anderer größerer oder kleinerer Meilen bedienen. Also wenn man die Stadt Berlin für den Ort L annimmt, so findet man, daß der Bogen LM, der zum Aequator führet, 52 und einen halben Grad enthält; folglich ist der kürzeste Weg, von Berlin zum Aequator zu gehen, 787 und eine halbe Meile. Wollte man aber, von Berlin aus, zum mitternächtlichen oder Nordpol B gehen, so müßte man längst dem Bogen BL reisen, der, weil er 37 und einen halben Grad enthält, 562½ Meilen ausmachen wird. Diese zwey Wege zusammen geben 1350 Meilen für die Länge des Bogens BLM, so viel als ein

Quadrant von 90 Graden, wie es BLM ist, nach dem vorher angeführten enthalten muß.

den 22 August 1761.

Hundert und sieben und funfzigster Brief.



Ich fange abermal mit der nemlichen Figur an, die Ew. Hoheit schon ziemlich bekannt seyn wird. Der ganze Zirkel stellt die Erdkugel vor; die Punkte A und B ihre zwey Pole; B den mitternächtlichen, nordlichen oder arktischen; A den mittägigen, südlichen oder antarktischen; so daß die gerade Linie BA innerhalb der Erde gezogen, und durch ihren Mittelpunkt C gehend, die Axe der Erde ist. Ferner ist DME der Aequator, der die Erde in zwey Halbkugeln, die eine DBE, die nordliche, und die andre DAE, die südliche, theilt.

Lassen Sie uns nun irgend einen Ort L nehmen, und seinen Meridian BLMA ziehen, der als ein halber Zirkel diesen Ort L und die beyden Pole B und A durchschneidet. Es ist dieses also der Meridian des Ortes L, der durch den Aequator in M in zwey gleiche Theile getheilt wird, welche zwey Quadranten vom Zirkel sind, deren jeder 90 Grade enthält. Nachgehends bemer-

bemerke ich, daß der Bogen dieses Meridians LM den Abstand des Ortes L vom Aequator giebt, und daß der Bogen LB den Abstand des nemlichen Ortes L vom Pole B ausdrückt.

Ferner bemerke man, daß der Bogen LM, oder der Abstand des Ortes L vom Aequator, die Breite des Ortes L genennt wird; so daß die Breite eines Ortes auf dem Erdboden nichts anders ist, als der Bogen des Meridians dieses Ortes, welcher zwischen dem Aequator und dem gegebenen Orte liegt; oder auch, die Breite eines Ortes ist der Abstand dieses Ortes vom Aequator, welcher Abstand in Graden ausgedrückt wird, deren Werth wir kennen, da wir wissen, daß jeder Grad 15 deutsche Meilen enthält.

Ew. Hoheit begreifen leicht, daß man diesen Abstand unterscheiden muß, je nachdem der Ort sich in der nordlichen, oder in der südlichen Kugel-Hälfte befindet: in dem ersten Falle, wenn der gegebene Ort in der nordlichen oder mitternächtlichen Hemisphäre liegt, so sagt man, er habe eine nordliche Breite; liegt er aber in der andern, südlichen oder mittägigen Hemisphäre, so sagt man, seine Breite sey südlich.

Also, wenn von Berlin die Frage ist, so sagt man, seine nordliche Breite sey 52 Grade und 31 Minuten; so ist auch die Breite von Magdeburg ebenfalls nordlich, von 52 Graden und 19 Minuten. Aber die Breite von Batavia in Ostindien ist südlich, von 6 Graden und 15 Minuten; und die vom Vorgebürge der guten Hofnung in Africa ist ebenfalls südlich, von 34 Graden 15 Minuten.

Im Vorbeygehn merke ich hier an, daß man der Kürze wegen anstatt des Wortes Grad, eine kleine Null (°) über der Zahl setzt, und anstatt des Wortes Minu-

Minute einen kleinen Strich (′), und wenn es Secunden giebt, deren zwey (″) setzt; auf diese Weise ist die Breite der Sternwarte zu Paris 48°. 50′. 10″. B. das will sagen: 48 Grade, 50 Minuten und 10 Secunden nordlich. In Peru giebt es einen Ort, genannt Ulo, dessen Breite man 17°. 36′. 15″. M. oder 17 Grade, 36 Minuten und 15 Secunden südlich gefunden hat. Daher begreifen Ew. Hoheit, daß, wenn die Rede von einem Orte wäre, dessen Breite 0°. 0′. 0″. wäre, dieser Ort genau unter dem Aequator liegen müßte, weil sein Abstand vom Aequator Null oder nichts ist; und hier ist es nicht nöthig, den Buchstaben B, oder M, nord- oder südlich beyzufügen. Wenn man aber zu einem Orte hinkommen würde, dessen Breite 90° N. wäre, so würde dieser Ort genau der nordliche Pol der Erde selbst seyn, der von dem Aequator einen Viertelszirkel oder 90 Grade entfernt ist. Hieraus verstehen Ew. H. vollkommen, was die Breite eines Ortes ist, und warum man sie durch Grade, Minuten und Secunden ausdrückt.

Es ist sehr wichtig, daß man die Breite eines jeden Ortes kenne, nicht allein für die Erdbeschreibung, damit man einem jeden seine richtige Stelle auf den Landkarten anweisen könne, sondern weil auch von der Breite die Jahrszeiten, die Ungleichheit der Tage und der Nächte, und folglich die Temperatur des Ortes abhängt. Was die Gegenden betrifft, die unter dem Aequator selbst liegen, so giebt es daselbst beynahe keine Veränderlichkeit in den Jahrszeiten, und das ganze Jahr hindurch sind die Tage und Nächte von gleicher Länge, nemlich von 12 Stunden; um dieses Grundes willen wird der Aequator auch die Aequinoctiallinie genennt; allein, je mehr man sich vom Aequator entfernt, desto merklicher wird auch der Unterschied zwischen den Jahrszeiten, und um desto mehr übertrift auch die Länge der Tage die Nächte im

Som-

Sommer, indeß daß hinwiederum die Tage im Winter um so viel kürzer sind als die Nächte.

Ew. Hoheit wissen, daß die längsten Tage zu Anfang des Sommers, um den 21sten Junius sind; folglich hat man zu eben derselben Zeit die kürzesten Nächte; und daß hingegen zu Anfang des Winters, um den 22sten December, die Tage am kürzesten, und die Nächte am längsten sind, so daß aller Orten der längste Tag der längsten Nacht gleich ist. Nun hängt an jedem Orte die Dauer des längsten Tages von der Breite des Ortes ab. Hier in Berlin ist der längste Tag 16 Stunden und 38 Minuten lang, und folglich der kürzeste Tag im Winter von 7 Stunden und 22 Minuten. An Oertern, die dem Aequator näher liegen, oder deren Breite kleiner ist, als die von Berlin, welche 52°. 31′ ist, hat der längste Tag im Sommer weniger als 16 Stunden 38 Minuten, und der kürzeste Tag im Winter mehr als 7 Stunden 22 Minuten. Das Gegentheil geschieht an denjenigen Oertern, die vom Aequator weiter entfernt sind; in Petersburg z. E. dessen Breite 60 Grade beträgt, ist der längste Tag von 18 Stunden 30 Minuten, und folglich ist die Nacht alsdann nur 5 Stunden 30 Minuten; im Winter hingegen ist die längste Nacht daselbst von 18 Stunden 30 Minuten, und alsdann ist der Tag nur 5 Stunden und 30 Minuten. Entfernt man sich noch weiter vom Aequator, und kömmt man zu einem Orte, dessen Breite 66°. 30′ ist, so ist der längste Tag daselbst genau 24 Stunden lang, oder die Sonne geht alsdann daselbst nicht unter; indeß daß im Winter das Gegentheil geschieht, indem die Sonne den ganzen 23sten December daselbst gar nicht aufgeht, oder die Nacht alsdann 24 Stunden lang dauert. Und an Oertern, die noch weiter vom Aequator entfernt, und folglich dem Pole noch näher sind, wie z. E. Wardöehuus

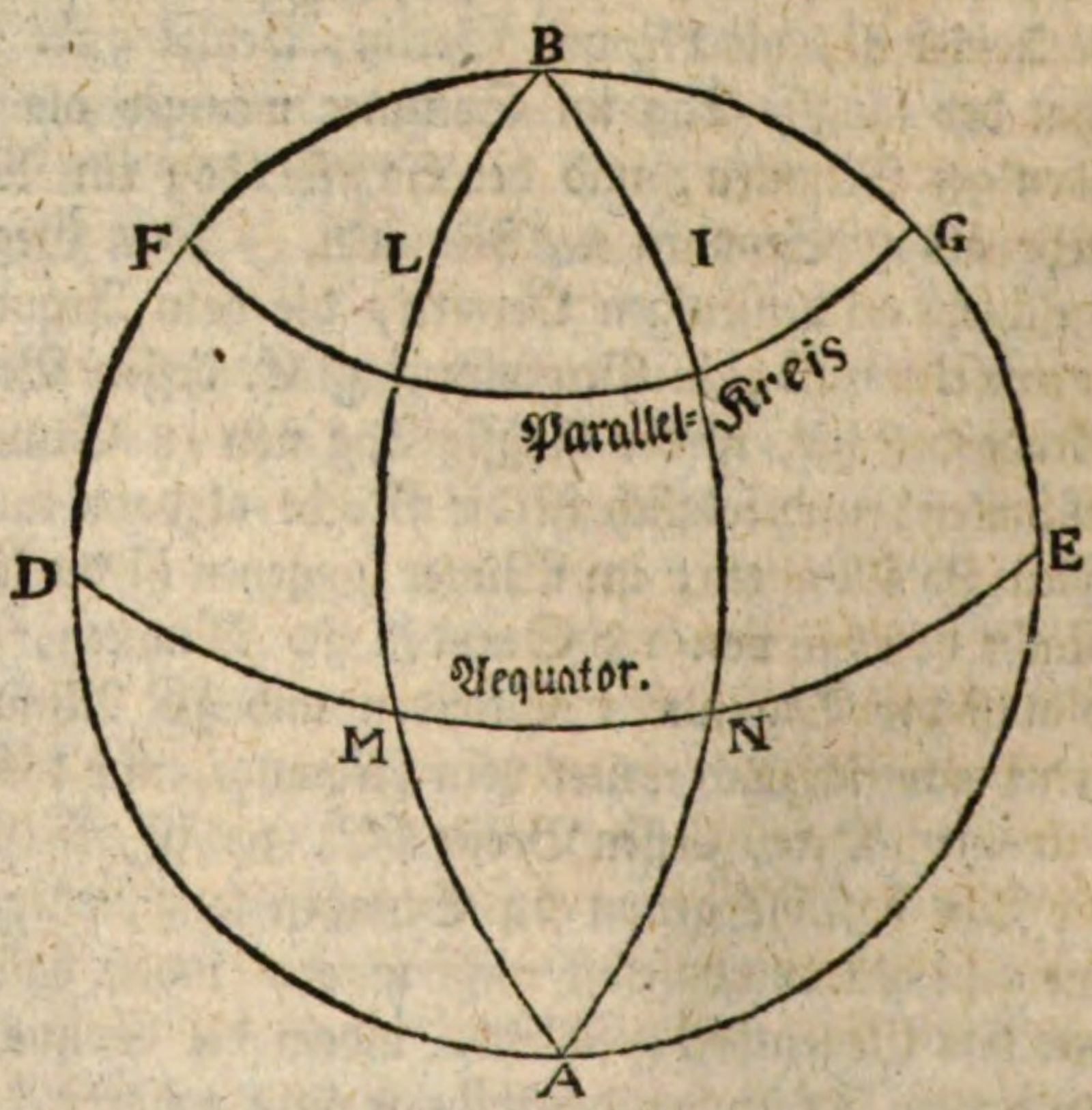
im

im schwedischen Lappland, dauert dieser längste Tag von 24 Stunden mehrere Tage nach einander, während denen die Sonne gar nicht untergeht, und die längste Nacht, wo die Sonne gar nicht aufgeht, dauert gleich lange.

Wenn wir zum Pole selbst hinkommen könnten, so würden wir daselbst sechs Monate nach einander Tag haben, und während den sechs andern Monaten eine unaufhörliche Nacht. Hieraus sehen Ew. Hoheit, wie wichtig es ist, die Breite aller Oerter der Erde richtig zu kennen.

den 26sten August 1761.

Hundert und acht und funfzigster Brief.



Nachdem ich die Ehre gehabt, Ew. Hoheit zu sagen, daß man, um den Meridian eines gegebenen Ortes L

zu

zu finden, auf der Oberfläche der Erde einen Halbzirkel BLMA ziehen muß, der durch die beyden Pole B und A, und durch den gegebenen Ort L geht, merke ich an, daß es eine unzählige Menge anderer Oerter giebt, durch welche dieser nemliche Meridian durchgeht, und von denen allen man folglich sagt, sie liegen unter demselben Meridian, es sey in der nordlichen Kugel-Hälfte, zwischen B und M, oder in der südlichen oder mittägigen, zwischen M und A.

Nun sind alle Oerter, die unter einem gleichen Meridian liegen, in Absicht auf ihre Breite, verschieden, da die einen von dem Aequator minder oder mehr entfernt sind als die andern. Auf diese Weise geht der Meridian von Berlin durch die Stadt Meissen, und beynahe durch den Hafen von Triest und durch eine Menge anderer minder beträchtlicher Oerter.

Ferner sehen Ew. Hoheit auch, daß unzählig viele Oerter die nemliche Breite haben, oder gleichweit vom Aequator entfernt seyn können, aber daß diese Oerter alle unter verschiedenen Mittagskreisen liegen. Wirklich, wenn L die Stadt Berlin ist, deren Breite oder der Bogen LM 52°. 31′ beträgt, so kann man unter jedem andern Meridian BNA einen Ort I angeben, dessen Breite oder der Bogen IN ebenfalls 52°. 31′ ist; dergleichen Oerter sind auch die Punkte F und G in den Mittagskreisen BDA und BEA. Da man also durch jeden Punkt des Aequators einen Meridian ziehen kann, in welchem ein Ort liegen muß, dessen Breite die nemliche mit der von Berlin oder des Ortes L ist, so wird man unzählig viele Oerter von gleicher Breite haben. Alle diese Oerter werden in einem Zirkel FLIG liegen, der, weil alle seine Punkte gleichweit vom Aequator entfernt sind, ein Parallelkreis mit dem Aequator, oder schlechtweg ein Parallelkreis

genennt

genennt wird. Ein Parallelkreis auf der Erde ist demnach nichts anders als ein Kreis, der mit dem Aequator parallel läuft, oder dessen Punkte insgesammt gleich weit vom Aequator entfernt sind; woher denn klar ist, daß alle Punkte eines Parallelkreises auch gleichweit von den Polen der Erde entfernt sind.

Da man durch jeden Ort der Erde einen solchen Parallelkreis ziehen kann, so kann man sich eine unzählige Menge von Parallelkreisen denken, die alle, in Absicht auf die Breite, unter einander verschieden sind, indem jeder eine, es sey nordliche oder südliche, Breite hat, die ihm eigen ist.

Ew. Hoheit begreifen auch, daß, je größer die Breite ist, oder je näher man zu einem von den Polen kömmt, desto kleiner die Parallelkreise werden, bis endlich bey den Polen selbst, wo die Breite 90° ist, diese Parallelkreise in einen einzigen Punkt zusammenlaufen. Im Gegentheil aber, je näher man dem Aequator kömmt, oder je kleiner die Breite ist, desto größer sind auch die Parallelkreise, und sie fließen zuletzt mit dem Aequator selbst zusammen, wenn die Breite Null oder Nichts ist. Auch unterscheidet man diese Parallelkreise durch die Breite; so ist der Parallelkreis von 30 Graden derjenige, der alle Oerter durchschneidet, deren Breite von 30 Graden ist, wobey man aber anzeigen muß, ob man von einer nordlichen, oder von einer südlichen Breite rede.

Wenn Ew. Hoheit die Landkarten aufschlagen, so werden Sie sehen, daß Hannover unter dem nemlichen Parallelkreise mit Berlin liegt, indem die Breite von beyden 52°. 31′ ist, und daß auf gleiche Weise die Städte Braunschweig und Amsterdam beynahe in denselben Parallelkreis fallen; daß aber die Mittagslinien, die durch diese Oerter gehen, verschie-

schieden sind. Wenn man nun sowohl den Meridian als den Parallelkreis kennt, unter welchen ein Ort liegt, so kennt man desselben wahre Stelle auf der Erde. Wenn man uns z. E. sagte, ein gewisser Ort liege unter dem Meridian BNA und unter dem Parallelkreise FLG, so dürfte man nur sehen, wo der Meridian BNA von dem Parallelkreise FLG durchschnitten wird, und der Durchschnittspunkt I wird die wahre Stelle des angegebenen Ortes seyn.

Auch bedienen sich die Erdbeschreiber dieses Mittels zur Bestimmung der wahren Lage aller Oerter der Erde. Man braucht nur den Parallelkreis, oder die Breite, und den Mittagszirkel, der zu dem Orte gehört, zu wissen. Was den Parallelkreis betrifft, so ist es leicht, ihn zu bezeichnen und von allen andern Parallelkreisen zu unterscheiden; man hat nur die Breite anzuzeigen, oder den Abstand vom Aequator, der entweder nordlich oder südlich ist. Aber wie kann man einen Mittagszirkel beschreiben, und ihn von allen andern unterscheiden? Alle Mittagszirkel sind einander vollkommen ähnlich, sie sind alle unter einander gleich, und kein einziger hat ein wesentliches Kennzeichen vorzüglich vor andern. Es hängt also einzig von unserm Gutdünken ab, einen gewissen Meridian zu wählen, um von ihm an alle andere zu rechnen. Wenn man z. E. in der zu Anfang dieses Briefes vorgezeichneten Figur den Meridian BDA wählte, so wäre es leicht, uns eine Beschreibung von jedem andern Meridian, als von BMA, zu geben; man dürfte uns nur auf dem Aequator den zwischen dem festgesetzten Meridian BDA und demjenigen, von dem die Frage ist, enthaltenen Bogen BMA anzeigen, und nur noch beyfügen, gegen welche Seite man von dem festgesetzten Meridian ausgehen muß, um zu dem andern zu kommen, ob gegen Osten oder gegen Westen.

Diesen festen Meridian, von welchem an man die andern alle zählt, nennt man den ersten Meridian; und weil die Wahl dieses ersten Meridians von unserm Gutdünken abhängt, so werden Ew. Hoheit sich nicht wundern, daß die verschiedenen Nationen hierüber nicht einstimmig sind. Die Franzosen haben zu diesem Ende die Insel Ferro, eine von den canarischen Inseln, erwählt, und durch diese Insel ziehen sie ihren ersten Meridian. Die Deutschen und die Holländer lassen ihren ersten Meridian durch eine andere von den canarischen Inseln gehen, welche Teneriffa heißt. Allein, man mag nun den Franzosen oder den Deutschen folgen, so muß man immer auf dem Aequator den Punkt, durch welchen der erste Meridian geht, wohl bezeichnen; und von diesem Punkte aus berechnet man nachgehends nach Graden die Punkte, durch welche andere Mittagslinien gehen,. und sowohl die Franzosen, als die Deutschen stimmen hierin überein, daß man von Westen gegen Osten zählt.

Also, wenn in unsrer Figur der Halbzirkel BDA der erste Meridian wäre, und die Punkte des Aequators M und N lägen gegen Osten; so darf man, um jeden andern Meridian BMA zu bezeichnen, nur die Größe des Bogens DM anzeigen, und dieser Bogen ist es, was man die Länge aller unter dem Meridian BMA liegenden Oerter nennt. Wäre die Frage von Oertern, die unter dem Meridian BNA liegen, so würde ihre Länge der in Graden, Minuten und Secunden ausgedrückte Bogen des Aequators DN seyn.

den 29sten August 1761.

Hum-

Hundert und neun und funfzigster Brief.

Ew. Hoheit werden nunmehr über das, was man die Breite und die Länge eines Ortes auf der Erde nennt, vollkommen unterrichtet seyn. Die Breite wird auf dem Meridian gezählt, von dem gegebenen Orte an bis zum Aequator, oder, sie ist der Abstand des Parallelkreises, der den gegebenen Ort durchschneidet, von dem Aequator; wobey man, um alle Zweydeutigkeit zu vermeiden, beyfügen muß, ob dieser Abstand oder diese Breite nordlich oder südlich sey.

Was die Länge betrifft, muß man sehen, wie weit der Meridian des gegebenen Ortes von dem ersten Meridian entfernt sey: und diese Entfernung zählt man auf dem Aequator, von dem ersten Meridian an, bis zum aufgegebnen Meridian, indem man immer von Westen gegen Osten geht; das heißt, die Länge ist der Abstand des Meridians des gegebenen Ortes von dem ersten Meridian, indem man die Grade auf dem Aequator zählt, wie ich so eben gesagt habe.

Man zählt also immer von dem ersten Mittagszirkel gegen Osten, woraus Ew. Hoheit begreifen, daß, wenn man bis auf 360 Grade gezählt hat, man genau wieder zum ersten Meridian zurückgekehrt seyn wird, weil 360 Grade den ganzen Umfang des Aequators ausmachen. Also, wenn die Rede von einem Orte ist, dessen Länge 359 Grade wäre, so würde der Meridian dieses Ortes von dem ersten Meridian nur um einen Grad entfernt seyn, aber gegen Westen oder Abend; gleicher Weise stimmen 350° Länge mit einer Entfernung von 10° gegen Westen oder Abend überein. Also, um aller Zweydeutigkeit auszuweichen, fährt man in Bestimmung der Längen fort, bis auf 360° gegen Osten zu zählen.

Ew. Hoheit sind ohne Zweifel begierig, zu wissen, warum die Erdbeschreiber übereingekommen sind, den ersten Meridian durch eine von den canarischen Inseln zu ziehen, und daselbst festzusetzen. Hierauf habe ich die Ehre zu antworten, daß man sich nach den Gränzen von Europa gegen Westen hat richten wollen; und da man die im atlantischen Meere, jenseits Spanien, gegen America gelegenen canarischen Inseln als noch zu Europa gehörend ansieht, so hat man dienlich gefunden, den ersten Meridian durch die äußerste von den canarischen Inseln zu ziehen, damit man die andern Mittagszirkel ununterbrochen, nicht allein durch ganz Europa weg, sondern auch durch ganz Asien fortzählen könnte: von da man, wenn man ostwärts mit Zählen fortfährt, nach Amerika kömmt, und weiterhin endlich wieder zum ersten Meridian.

Aber welcher von diesen canarischen Inseln soll man den Vorzug geben? Einige französische Erdbeschreiber haben die Insel Ferro erwählt, und die Deutschen die Insel Teneriffa, weil man damals noch nicht so genau über die wahre Lage dieser Inseln unterrichtet war, und man vielleicht nicht wußte, welche von ihnen die äußerste wäre; zudem haben die Deutschen geglaubt, der hohe Berg von Teneriffa, genannt Pico, wäre, so zu reden, von der Natur dazu ausgezeichnet, den ersten Meridian dadurch zu ziehen.

Dem sey wie ihm wolle, so ist es beynahe lächerlich, den ersten Meridian durch einen Ort zu ziehen, dessen Lage nicht richtig bekannt ist; denn nur erst seit kurzer Zeit hat man die Lage der canarischen Inseln besser bestimmt. Aus diesem Grunde setzen die Astronomen, die in ihren Untersuchungen mehrere Genauigkeit anbringen, den ersten Meridian so, daß der Meridian der pariſischen Sternwarte genau um 20 Grade davon entfernt ist, ohne

sich

sich darum zu bekümmern, durch welchen Ort alsdann der erste Meridian gehe; welches ohne Zweifel der sicherste Weg ist, den man nehmen kann. Um jeden andern Meridian zu bestimmen, ist das beste Mittel, seine Entfernung von dem parisischen zu suchen; liegt dieser andere Meridian mehr ostwärts, so darf man nur 20 Grade hinzufügen, um die Länge der Oerter zu haben, die unter demselben liegen; liegt aber dieser Meridian mehr westwärts, als der parisische, so zieht man ihren Abstand von 20 Graden ab; ist endlich dieser Abstand gegen Westen größer als 20 Grade, so zieht man ihn von 380 Graden, oder von 20 Graden über den 360 ab, so hat man die Länge des Meridians.

Also, da der Meridian von Berlin um 11°. 7′. 15″ mehr ostwärts liegt, als der von Paris, so wird die Länge von Berlin 31°. 7′. 15″ betragen; und dieß ist auch die Länge aller andern unter dem nemlichen Meridian mit Berlin gelegenen Oerter.

Auf gleiche Weise, da der Meridian von Petersburg um 28 Grade östlicher liegt, als der von Paris; so wird die Länge von Petersburg 48° seyn.

Der Meridian von St. James in London ist um 2°. 25′. 15″ mehr gegen Westen als der von Paris; also, wenn man diese Zahl von 20° abzieht, so giebt der Rest, 17°. 34′. 45″, die Länge von St. James in London.

Wir wollen auch die Stadt Lima in Peru betrachten, deren Mittagszirkel um 79°. 9′. 30″ von dem parisischen westwärts entfernt ist, welche Zahl man folglich von 380° abziehen muß; so wird man die Länge von Lima 300°. 50′. 30″ finden.

Wenn man nun sowohl die Breite als die Länge eines Ortes kennt, so ist man im Stande, seine wahre Stelle auf einer Erdkugel, oder auf einer Landcharte anzuzeigen; denn da die Breite den Parallelkreis anzeigt, unter welchem der Ort liegt, und die Länge den Meridian desselben Ortes giebt, so wird die Stelle, wo der Parallelkreis den Meridian durchschneidet, genau der aufgegebene Ort seyn.

Auch dürfen Ew. Hoheit nur eine Landcharte ansehen, z. E. die von Europa: so werden Dieselben zu beyden Seiten die Grade der Parallelkreise, oder ihre Entfernungen vom Aequator, angezeichnet finden, und oben und unten die Grade der Länge, oder die Entfernungen der Mittagskreise von dem ersten Meridian.

Gemeiniglich zieht man auf den Charten sowohl die Parallelkreise als die Meridiane, entweder von Grad zu Grad, oder nur von fünf zu fünf Graden. In den meisten Charten sind die Meridiane von oben nach unten gezogen, und die Parallelkreise von der Linken zur Rechten; wobey der obere Theil gegen Norden, der untere gegen Süden oder Mittag, die rechte Seite gegen Aufgang oder Osten, und die linke gegen Niedergang oder Westen gerichtet ist.

Nachgehends muß man auch anmerken, daß, weil alle Mittagskreise in den beyden Polen zusammenlaufen, der Abstand zweyer Meridiane immer kleiner werden muß, je näher sie dem Pole kommen; unter dem Aequator ist dieser Abstand zwischen zwey Mittagskreisen am größten. Auch werden Ew. Hoheit auf allen guten Charten, wo die Mittagskreise gezogen sind, sehen, daß sie sich oben oder gegen Norden immer einander nähern, und daß ihre Entfernungen unten, das ist, wo sie dem Aequator näher kommen, größer werden.

Die-

Dieses dient zu einem bessern Verständniß der Landcharten, durch die man uns die Oberfläche oder einen Theil der Oberfläche der Erdkugel vorzustellen trachtet.

Allein meine Hauptabsicht ist, zu zeigen, wie die wahre Lage eines jeden Ortes auf der Erde durch seine Breite und Länge bestimmt wird.

den 1ten September 1761.

Hundert und sechzigster Brief.

Da es so wichtig ist, daß man sowohl die Breite als die Länge eines jeden Ortes kenne, um zu wissen, auf welchem Punkte man sich auf der Oberfläche der Erde befinde, so werden Ew. Hoheit leicht schließen, daß es ebenfalls wichtig sey, die Mittel zu entdecken, die uns zu dieser Kenntniß verhelfen mögen.

In der That, wenn ein Mensch nach einer langen Reise an einen Ort hinkömmt, es sey zu Lande, oder auf dem Meere, so kann nichts wichtiger für ihn seyn, als zu erfahren, an welchem Ort der Erde er sich alsdenn befinde; ob er nahe bey irgend einem bekannten Lande sey oder nicht, und welchen Weg er nehmen müsse, um dahin zu gelangen. Das einzige Mittel, diesen Mann aus seiner Verlegenheit zu ziehen, wird ohne Zweifel dieses seyn, daß man ihm die Breite und die Länge des Ortes entdecke, wo er sich befindet. Allein, was für eines Mittels soll er sich bedienen, um zu dieser Entdeckung zu gelangen, gesetzt, er sey entweder auf dem Meere oder zu Lande in irgend einer weiten Wüste, wo kein Einwohner ist, bey dem er sich Raths erholen könnte? Weiß er aber die Breite und Länge seines Ortes, so wird er, vermittelst einer Erdkugel oder durch Landcharten, den Punkt seines Aufenthalts leicht darauf bestimmen können, und dadurch im Stande seyn, alles ihm nöthige Licht sich zu verschaffen.

Ich werde Ew. Hoheit zeigen, daß uns vornemlich die Astronomie die Mittel an die Hand giebt, sowohl die Breite als die Länge des Ortes, wo wir uns befinden, zu erfahren; allein, um Ew. Hoheit durch eine weitläuftige Herzählung aller Methoden, die die Astronomen in dieser wichtigen Absicht entdeckt haben, nicht zu ermüden, werde ich mich begnügen, Denselben einen allgemeinen Begriff davon beyzubringen, und ich darf mir schmeicheln, daß auf die Weise, wie ich es anstellen werde, dieser Begriff hinreichend seyn soll, um Ew. Hoheit die Grundsätze, worauf alle diese Methoden gegründet sind, begreiflich zu machen.

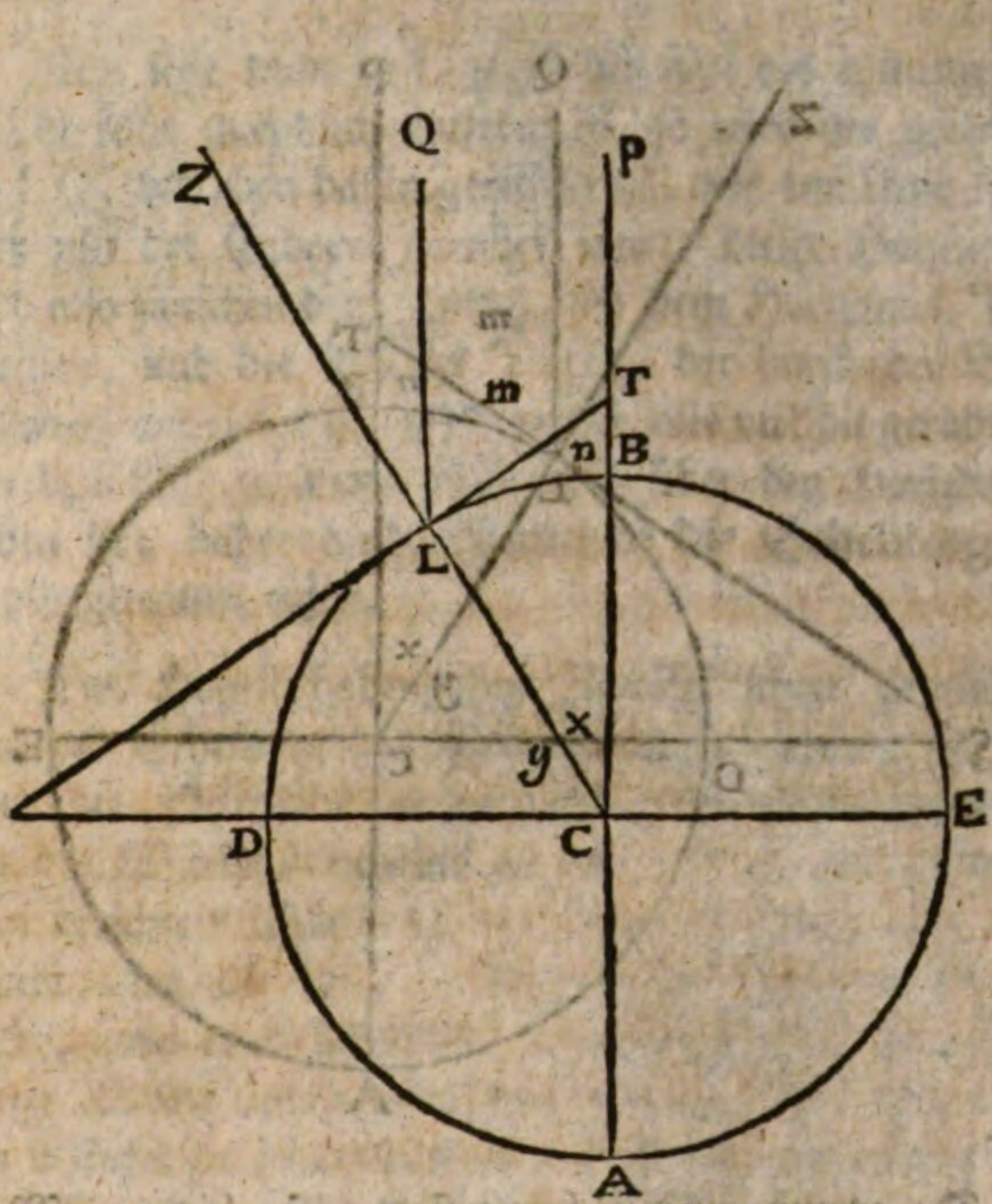
Ich fange mit der Erforschung der Breite an, die fast keiner Schwierigkeit unterworfen ist, dagegen die Entdeckung der Länge die Kräfte des menschlichen Geistes annoch zu übersteigen scheint, besonders wenn man sich zur See befindet, und wenn die äußerste Genauigkeit erfordert wird. Darum hat man auch auf die Erforschung der Länge sehr ansehnliche Preise gesetzt, um die Gelehrten besser aufzumuntern, ihre Geschicklichkeit und ihre Bemühungen zu vereinigen, damit eine so wichtige Entdeckung, als diese ist, doppelt interessant würde, theils durch die Ehre, theils durch den Gewinn, den sie dem Erfinder einbringen wird.

Ich komme wieder auf die Breite und auf die Mittel, sie zu entdecken, und behalte mir vor, zu einer andern Zeit von der Länge und von den verschiedenen Methoden, sie vornemlich auf Seereisen zu finden, umständ- zu handeln.

Es seyn in der hier beygefügten Figur die Punkte B und A die Pole der Erde; BA ihre Axe und C ihr Mittelpunkt; der Halbzirkel BDA stelle einen Mittags-

kreis

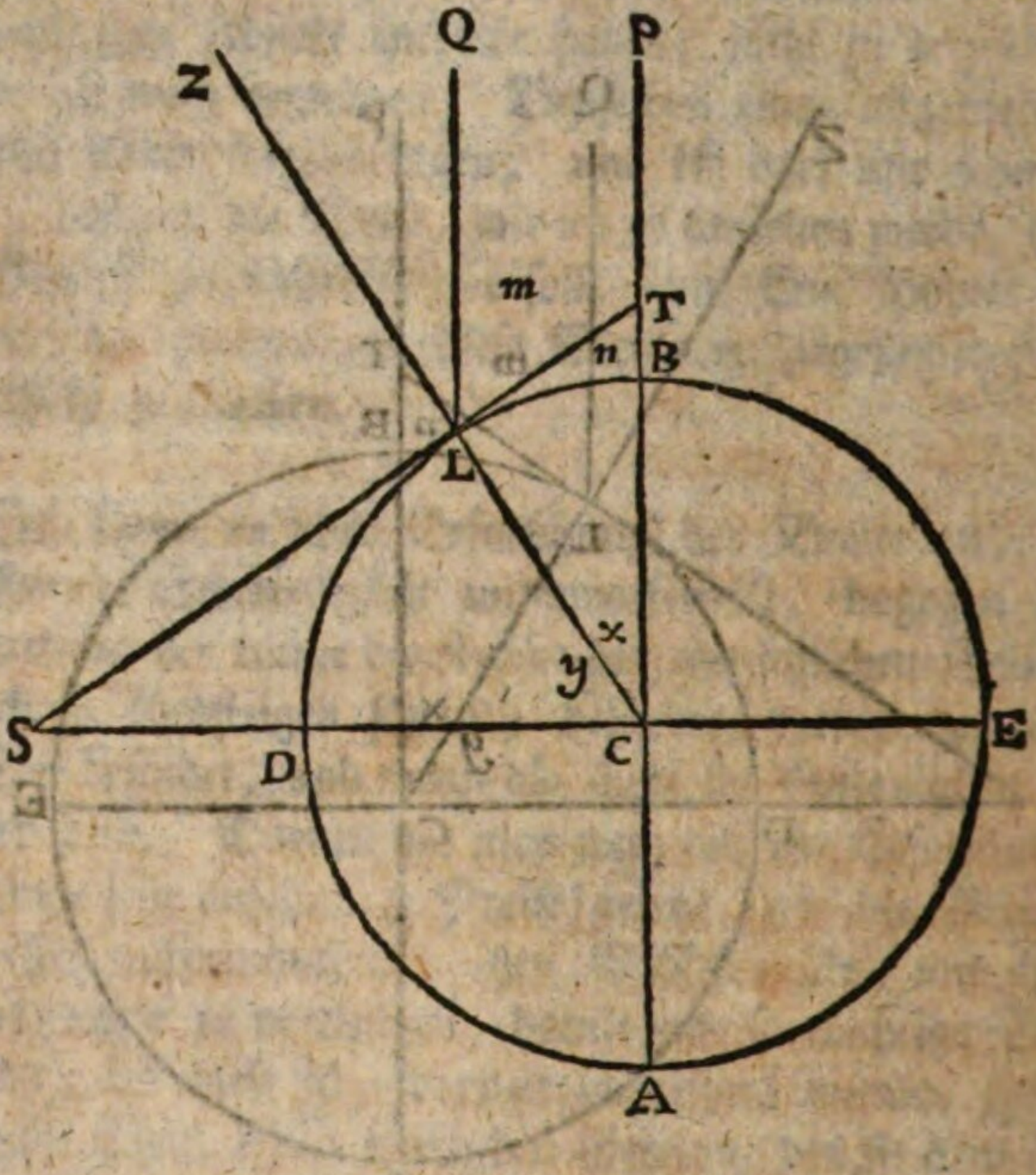
kreis vor, den der Aequator im Punkte D durchschneidet, und BD, AD werden Quadranten des Zirkels oder Bogen von 90 Graden seyn. Die gerade Linie CD



wird also ein Radius des Aequators seyn, und DE sein Durchmesser.

Es sey nun in diesem Meridian B D A der Punkt L der gegebene Ort, dessen Breite man suchen soll, nämlich die Anzahl der Grade, die der Bogen LD enthält, der den Abstand des Punktes L vom Aequator mißt; oder auch, wenn man den Radius CL zieht, so wird der

Winkel DCL, dessen Maaß der Bogen LD ist, und den ich y nennen will, die Breite des Ortes L ausdrücken, um deren Entdeckung es zu thun ist.



Da es nun uns nicht verstattet ist, bis zum Mittelpunkte der Erde einzudringen, um daselbst diesen Winkel zu messen, so müssen wir uns zum Himmel wenden. Daselbst führt die Verlängerung der Erdaxe AB zum Nordpol des Himmels P, den man als unendlich weit von der Erde entfernt ansehen muß. Man verlängere gleichfalls den Radius LC, der an dem Himmel nach dem Punkte Z geht, den man den Scheitelpunkt, das Zenith des Ortes nennt; nachgehends, wenn man durch L die gerade Linie ST senkrecht auf den Radius CL zieht, so wird, wie Ew. Hoheit sich erinnern werden, diese Li-

nie

nie ST den Kreis in L berühren, und folglich dem Orte L horizontal seyn; denn unser Horizont berührt immer die Oberfläche der Erde an dem Orte, wo wir uns befinden.

Nun sehe man in L gegen den Pol des Himmels P; weil derselbe unendlich entfernt ist, so wird die gerade Linie LQ, die eben dahin gerichtet ist, mit der Linie ABP, oder mit der Erdaxe parallel seyn; dieser Himmelspol wird also zwischen dem Zenith und dem Horizont LT erscheinen, und der Winkel TLQ, der durch den Buchstaben m angezeigt ist, wird zeigen, wie viel die gerade, gegen den Pol gerichtete Linie LQ über den Horizont erhaben ist; daher dieser Winkel m die **Erhebung des Pols** genennet wird.

Ew. Hoheit haben ohne Zweifel schon ziemlich oft von der Erhebung des Pols sprechen gehört, die man auch die **Polhöhe** nennt, und die nichts anders ist, als der Winkel, den die gerade, gegen den Himmels-Pol gerichtete Linie LQ mit dem Horizonte des Ortes macht, wo wir sind. Ew. Hoheit begreifen ebenfalls leicht, wie es möglich ist, vermittelst eines gewissen zu dieser Absicht dienlichen astronomischen Instruments, diesen Winkel m zu beobachten, ohne daß ich nöthig habe, mich hierüber umständlicher einzulassen.

Dieses festgesetzt, habe ich die Ehre, Ew. Hoheit zu versichern, daß, wenn man diesen Winkel m, oder die Höhe des Pols, gemessen hat, uns der nemliche Winkel genau die Breite des Ortes L, oder den Winkel y giebt. Zu diesem Ende darf man nur zeigen, daß diese zwey Winkel m und y einander gleich sind.

Erstlich, da die Linie LQ mit CP parallel ist, so sind die Winkel m und n Wechselwinkel, und folglich einander gleich. Hernach da die Linie LT auf dem Radius

dius CL senkrecht ist, so wird der Winkel L des Dreyecks CLT ein rechter Winkel seyn, und die beyden andern Winkel eben dieses Dreyecks n und x werden zusammen auch einen rechten Winkel ausmachen. Aber, da der Bogen BD ein Quadrant vom Zirkel ist, so wird der Winkel BCD auch ein rechter seyn; die beyden Winkel x und y machen also zusammen so viel als die beyden Winkel n und x. Man nehme den Winkel x auf beyden Seiten weg, so wird der Winkel y dem Winkel n, und folglich auch dem Winkel m gleich seyn.

Allein, ich habe schon angemerkt, daß der Winkel y die Breite des Ortes L ausdrückt, und der Winkel m die Höhe des Pols an dem nemlichen Orte L; also ist die Breite eines Ortes immer der Höhe des Pols an dem nemlichen Orte gleich. Also, die Mittel, die die Astronomie uns an die Hand giebt, um die Polhöhe zu beobachten, geben uns die Breite, die wir suchen.

Auf diese Weise haben uns die in Berlin angestellten astronomischen Beobachtungen gelehrt, daß die Polhöhe daselbst 52°. 31′. ist, und hieraus haben wir den Schluß gemacht, die Breite von Berlin sey ebenfalls 52°. 31′.

Es ist dieses ein merkwürdiges Beyspiel, wie der Himmel uns über Dinge Licht geben kann, die sich nur auf die Erde beziehen.

den 5ten September 1761.

Hundert und ein und sechzigster Brief.

Ich gehe nunmehr zur Betrachtung der Länge über, und merke an, daß, wenn man, es sey zu Wasser oder zu Lande, von einem bekannten Orte ausgeht, man die Länge des Ortes, wohin man gekommen ist, leicht

wird

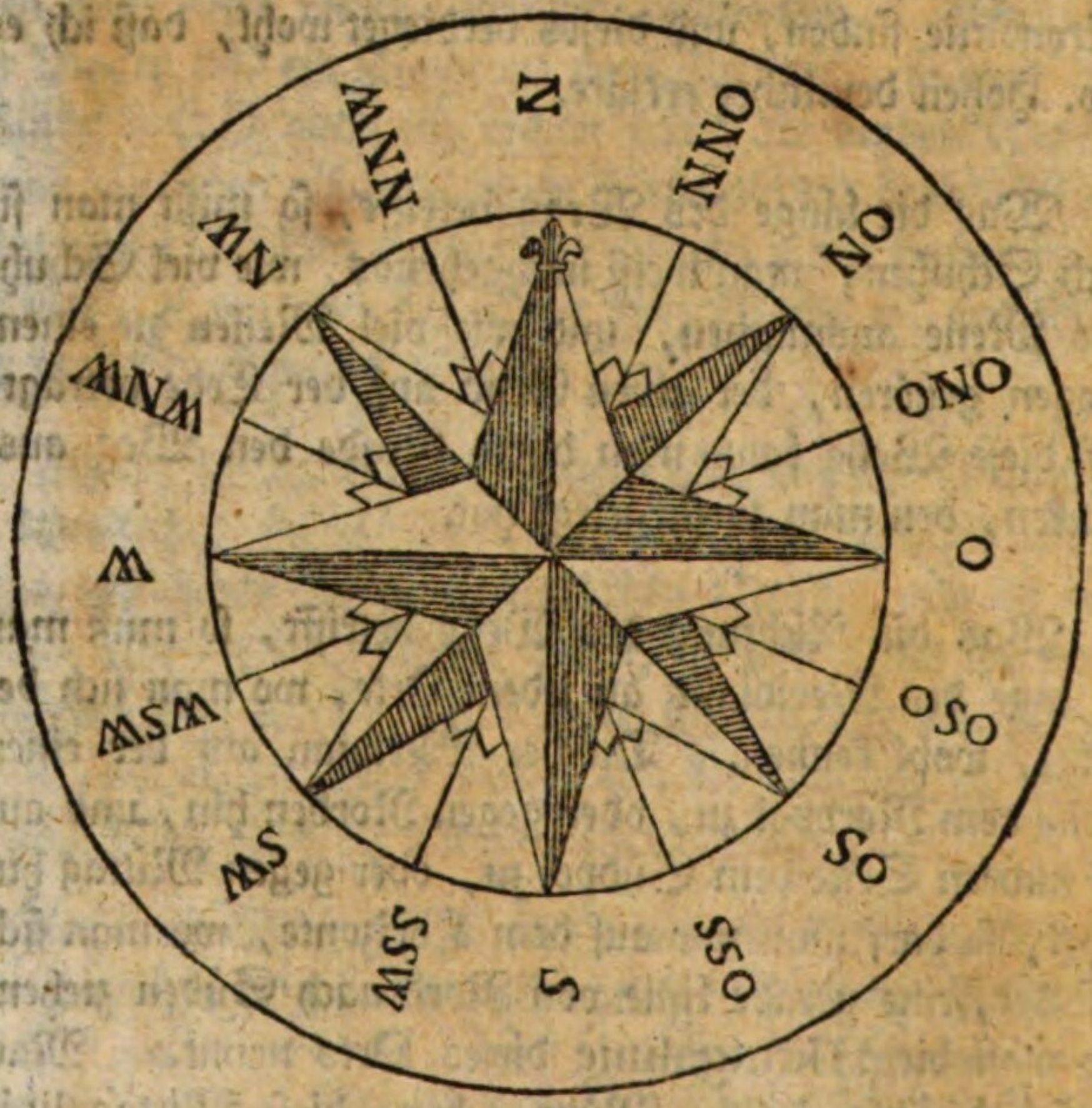
wird finden können, wenn man nur die Länge des Wegs und die Richtung, die man genommen hat, genau kennt; die Länge läßt sich in diesem Falle sogar ohne Hülfe der Astronomie finden, und dieses verdienet wohl, daß ich es Ew. Hoheit deutlicher erkläre.

Was die Länge des Wegs betrifft, so mißt man sie nach Schuhen; man weiß nachgehends, wie viel Schuhe eine Meile ausmachen, und wie viel Meilen zu einem Bogen gehören, der einen Grad auf der Erde beträgt: auf diese Weise kann man durch Grade den Weg ausdrücken, den man zurückgelegt hat.

Was die Richtung des Wegs betrifft, so muß man die Lage des Meridians an jedem Orte, wo man sich befindet, wohl kennen. Da der Meridian auf der einen Seite dem Nordpol zu, oder gegen Norden hin, und auf der andern Seite dem Südpol zu, oder gegen Mittag hin gehet, so darf man nur auf dem Horizonte, wo man sich befindet, eine gerade Linie von Nord nach Süden ziehen, die man die Mittagslinie dieses Orts nennt. Man muß sich alle mögliche Mühe geben, diese Mittagslinie recht genau zu ziehen, und hierinn muß uns der Himmel abermal zum Führer dienen.

Ew. Hoheit wissen, daß es Mittag ist, wenn die Sonne am höchsten über den Horizont erhaben ist; nun befindet sich alsdann die Sonne gerade gegen Süden, und der Schatten eines auf einer horizontalen Fläche senkrecht stehenden Stabes wird alsdenn gerade gegen Norden fallen; woraus leicht zu begreifen ist, wie die Beobachtungen der Sonne uns Mittel an die Hand geben, an welchem Orte wir uns immer befinden mögen, die Mittagslinie richtig zu ziehen.

Hat man nun die Mittagslinie gezogen, so sind alle andern Richtungen oder Wege leicht zu bestimmen.



Es sey in beygefügter Figur die gerade Linie NS die Mittagslinie, in welcher das eine Ende N gegen Norden und das andere S gegen Süden gerichtet ist. Auf diese Mittagslinie NS ziehe man senkrecht die gerade Linie OW, deren Ende O gegen Aufgang oder Ost, und das andre Ende W gegen Untergang oder West gerichtet seyn wird. Wenn man nun den Zirkel in sechzehn gleiche Theile eingetheilt hat, so wird man so viel nach den beygefügten Buchstaben genannte Richtungen haben; und falls man einen Weg nähme, der mit einem von diesen sechzehn nicht genau übereinträfe, so bezeichnet man den Winkel, den dieser Weg mit der

Mit-

Nord.
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
59 58 57 56 55 54 53
L
M
15
30
45
60
75
Weſt.
Oſt.
Deütſche Meilen.
5 10 15 20 25 30
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Süd.

Mittagslinie NS macht, oder mit der Linie OW, die mit ihr perpendicular ist.

Durch dieses Mittel wird man die Richtung genau kennen können, die man im Reisen gehalten hat; und so oft man sowohl von der Länge des Wegs, als von der Richtung, der man gefolgt ist, recht gewiß ist, so ist es sehr leicht, den wahren Ort zu bestimmen, wohin man gekommen ist, und sowohl seine Breite als seine Länge anzugeben. Zu diesem Ende wird man sich einer guten Landcharte bedienen, deren Umfang so groß seyn muß, daß sie sowohl den Ort, wo man ausgereist ist, als den, wo man angekommen ist, in sich fasse; und auf dieser Charte kann man, vermittelst des Maaßstabes, der die Größe einer Meile in dieser Charte anzeigt, den Weg ziehen, den man durchgelaufen hat.

Die gegenüberstehende Figur stellt eine solche Charte vor, worauf von Grad zu Grad sowohl die Parallelkreise von der linken zur Rechten, als die Mittagskreise von oben nach unten, angezeigt sind, und worauf man auch sehen kann, daß die Mittagskreise oben gegen Norden einander näher sind, als unten gegen Süden; wie solches auf der Erde wirklich geschieht.

Die Charte enthält einen Theil der Oberfläche der Erde, von dem 53sten Grade nordlicher Breite bis zum 59sten; und vom 13ten Grade der Länge bis zum 26sten.

Wir wollen nun annehmen, man sey von dem Orte L ausgereist, dessen Länge 16°. und die Breite 57°. 20′ ist, und man habe nach der Richtung OSO einen Weg von 75 deutschen Meilen zurückgelegt. Um die Länge und die Breite des Ortes zu finden, wohin man gekommen ist, ziehe man von dem Orte L die gerade Linie LM, so daß sie mit dem Meridian 16. 16 den

nem-

nemlichen Winkel mache, den in der vorhergehenden Figur die Richtung OSO mit NS macht. Hernach nehme man auf dieser Linie, nach dem in der Charte angezeigten Maaßstabe, LM 75 deutsche Meilen groß, so wird der Punkt M der Ort seyn, wohin man gekommen ist.

Nunmehro darf man nur diesen Ort mit den auf der Charte gezogenen Mittags- und Parallelkreisen vergleichen, so wird man sehen, daß seine Länge ganz nahe bey dem 24sten Grad fällt; und wenn man den Theil des Grades, der dem 24sten Grade annoch beyzufügen ist, genauer mißt, so wird man für die Länge des Punktes M 24°. 4′ finden. Die Breite betreffend, sieht man, daß sie zwischen dem 55 und 56sten Grade fällt, und man wird sie leicht 55°. 25′ schätzen; so daß die Breite des Ortes M, wohin man gekommen ist, 55°. 25′ und seine Länge 24°. 4′ beträgt.

Hier hab ich angenommen, man habe während der ganzen Reise die gleiche Richtung nach OSO genommen; allein, wenn man von Zeit zu Zeit die Richtung abänderte, so dürfte man nur für jede Abänderung die nemliche Operation anstellen, um den Ort zu finden, wo man damals gewesen, und nachher würde man von diesem Orte aus die folgende Richtung aufreißen, bis man sie von neuem abgeändert hat, und so immer fort, bis man zum letzten Orte gekommen ist. Durch dieses Mittel wird man auf Reisen immer im Stande seyn, die Oerter, wo man ankommt, zu kennen, wenn man nur immer die Richtung genau weiß, die man nimmt, und zugleich den Weg genau abmißt, den man zurücklegt.

In diesem Falle könnte man sogar der Hülfsmittel entbehren, die aus der Astronomie hergenommen werden, wenn man sie nicht zur genauen Kenntniß der Richtung, oder des Winkels, den sie mit der Mittags-

linie

linie macht, vonnöthen hätte; allein, die Magnetnadel oder der Compaß kann uns hierinn oft aushelfen.

Ew. Hoheit werden indessen leicht begreifen, daß man sich in der Schätzung der Richtung und der Länge des Wegs sehr beträchtlich irren kann, vornemlich bey sehr großen Reisen. Wenn ich nur nach Magdeburg gehe, wie oft ändere ich nicht die Richtung? und wie werde ich die Länge des Wegs genau abmessen? Allein, wenn die Reise zu Lande gemacht wird, so ist man nicht an dieses Mittel gebunden; man ist alsdann im Stande, durch geometrische Berechnungen die Entfernungen der Oerter und die Winkel, die diese Entfernungen mit der Mittagslinie eines jeden Ortes machen, auszumessen; und durch dieses Mittel bestimmt man ziemlich genau die wahre Lage aller Oerter.

den 8ten September 1761.

Hundert und zwey und sechzigster Brief.

Bey Reisen zu Wasser scheint die angezeigte Methode, sowol die Richtung, die man nimmt, als die Länge des zurückgelegten Wegs zu beobachten, sehr gute Dienste zu leisten, weil man hier nicht genöthigt ist, alle Augenblicke die Richtung abzuändern, wie es bey Landreisen geschieht; denn so lange man den gleichen Wind hat, so lange kann man die gleiche Richtung beybehalten.

Darum sind die Steuermänner, die die Schiffe regieren, sehr aufmerksam in genauer Beobachtung der Richtung, die das Schiff hält, und in der Abmessung des Weges, den es zurücklegt; sie halten ein genaues Tageregister über alle diese Beobachtungen, und am Ende eines jeden Tages, oder auch noch öfter, zeichnen sie auf ihren Seecharten, welche den Umfang des Meeres vorstellen, den Weg, den sie zurückgelegt haben, und sind durch dieses Mittel im Stande, für jede Zeit auf ihren Charten

den Punkt anzuzeigen, wo sie sich befinden; und von dem sie folglich sowohl die Breite als die Länge kennen. Auch irren sich die Steuermänner hierinn nicht beträchtlich, so lange der Lauf ordentlich fortgeht, und das Schiff etwa durch Sturm nicht allzusehr geworfen wird: aber wenn sie Ursache haben, sich nicht zu trauen, so nehmen sie ihre Zuflucht zu astronomischen Beobachtungen, woraus sie die Höhe des Pols abnehmen, welche sie, da sie immer mit der Breite des Ortes, wo sie sich befinden, einerley ist, mit derjenigen vergleichen, die sie, zufolge ihrer Schätzung des Weges, auf der Charte angemerkt haben. Finden sie, daß sie übereinstimmt, so ist es ein Beweis, daß ihre Schätzung richtig ist; entdecken sie einigen Unterschied, so schließen sie mit Gewißheit, daß sie sich in der Schätzung des Wegs und der Richtung geirrt haben; alsdann untersuchen sie den einen und die andre sorgfältiger, und trachten, die gehörigen Verbesserungen dabey anzubringen, um die Schätzung mit der Beobachtung der Polhöhe, oder der Breite, die ihr gleich ist, zu vereinigen.

Bey kleinen Reisen mag diese Vorsicht hinlänglich seyn, weil die Fehler, die man dabey begeht, beynahe von keiner Erheblichkeit sind; allein, bey langen Reisen können diese kleinen Fehler sich dermaßen anhäufen, daß man sich am Ende gar grob irret, so daß der Ort, wo man sich wirklich befindet, beträchtlich von demjenigen verschieden ist, wo man auf der Charte zu seyn glaubt.

Bis dahin habe ich angenommen, die Reise gehe ganz stille vor sich: jetzt stelle man sich vor, es komme ein großer Sturm dazwischen, während welchem das Schiff den heftigsten Stößen sowol des Windes als der Wellen ausgesetzt ist; alsdann ist es gar zu klar, daß alle Schätzung der Länge und der Richtung des Wegs ganz in Unordnung gebracht ist, und daß es schlechterdings

dings nicht mehr möglich ist, auf der Charte den Weg anzumerken, den man zurückgelegt hat.

Nach einer solchen Verrückung würde man wohl durch astronomische Beobachtungen die Breite des Ortes bestimmen können, wo man sich befindet; allein, dieß würde nur den Parallelkreis dieses Ortes entdecken, und man würde noch immer, in Ansehung des Punktes dieses Parallelkreises, wo das Schiff sich befindet, sehr ungewiß seyn.

Alles kömmt demnach darauf an, auch die Länge dieses Ortes zu erfahren, die uns den Meridian zeigt, unter welchem er liegt; und alsdenn giebt der Durchschnittspunkt dieses Meridians, mit dem gefundenen Parallelkreise, den wahren Ort des Schiffes. Ew. Hoheit verstehen hierdurch, wie wichtig es sey, die Steuermänner in Stand zu setzen, auch die Länge des Ortes, wo sie sich befinden, zu finden.

Auch sind es nicht die Stürme allein, die uns in diese Nothwendigkeit setzen; sogar, wenn die Reise ganz stille vor sich geht, kann man sich in der Schätzung sowol der Richtung als der Länge des Wegs gar gröblich irren. Wenn man annehmen könnte, das Meer wäre stille, dann würde man vielerley Mittel haben, sich ziemlich genau von der Richtung und Länge des Wegs zu vergewissern, ob es gleich bey langen Reisen sehr beträchtliche Abweichungen verursachen könnte. Aber es ist nur allzu gewiß, daß das Meer an vielen Stellen schnelle Ströme hat, so daß es einem Flusse gleicht, der nach einer gewissen Richtung fließt. So hat man beobachtet, daß das atlantische Meer unaufhörlich durch die Meerenge von Gibraltar in das mittelländische Meer fließt; und das große atlantische Weltmeer zwischen Afrika und Amerika hat einen sehr beträchtlichen Strom von Osten gegen Westen, so daß man um viel

geschwinder aus Europa nach Amerika, als von da zurücke reist.

Wenn diese Ströme beständig und bekannt wären, so wäre das eine große Hülfe, um unsre Schätzung darnach einzurichten; allein, man hat beobachtet, daß sie bald mehr, bald weniger schnell sind, und daß sie öfters ihre Richtung ändern; welches die Schätzung der geschicktesten Steuermänner dergestalt verwirret, daß man, ohne sich der äußersten Gefahr auszusetzen, nicht mehr darauf trauen kann. Man hat nur gar zu viele Beyspiele, daß Schiffe sich noch sehr weit von Gegenden geglaubt haben, die voll unter dem Wasser verborgener Klippen waren, darauf sie scheiterten und zu Grunde giengen. Nachgehends hat man wahrgenommen, daß die Ströme diese Unglücksfälle verursacht hatten, weil durch sie die Schätzung der Steuermänner verwirret und in Unordnung gebracht worden war.

In der That, wenn das Meer selbst eine Bewegung hat, kraft der es wie ein Fluß nach einer gewissen Richtung fließt, so werden die darauf befindlichen Schiffe davon hingerissen, ohne daß es möglich wäre, es wahrzunehmen. Wenn man durch einen Fluß dahingerissen wird, so wird man es leicht gewahr, wenn man nach dem Ufer hin, oder auch auf den Grund des Flusses sieht; aber auf dem Meere sieht man kein Land, und seine Tiefe ist ebenfalls zu groß, als daß man auf den Grund sehen könnte. Es ist also nicht möglich, auf dem Meere wahrzunehmen, ob man hingerissen wird; und um dieses Grundes willen betrügt man sich sowol in der Richtung, als in der Länge des Weges gar sehr. Man mag also auf die Stürme sehen oder nicht, so ist man immer genöthigt, andre Mittel zu suchen, um die Länge der Oerter, wo man hinkömmt, zu bestimmen; und von diesen verschiedenen Mitteln, die man bisher vorgeschlagen hat, die

Länge dadurch zu finden, werde ich die Ehre haben Ew. Hoheit zu unterhalten.

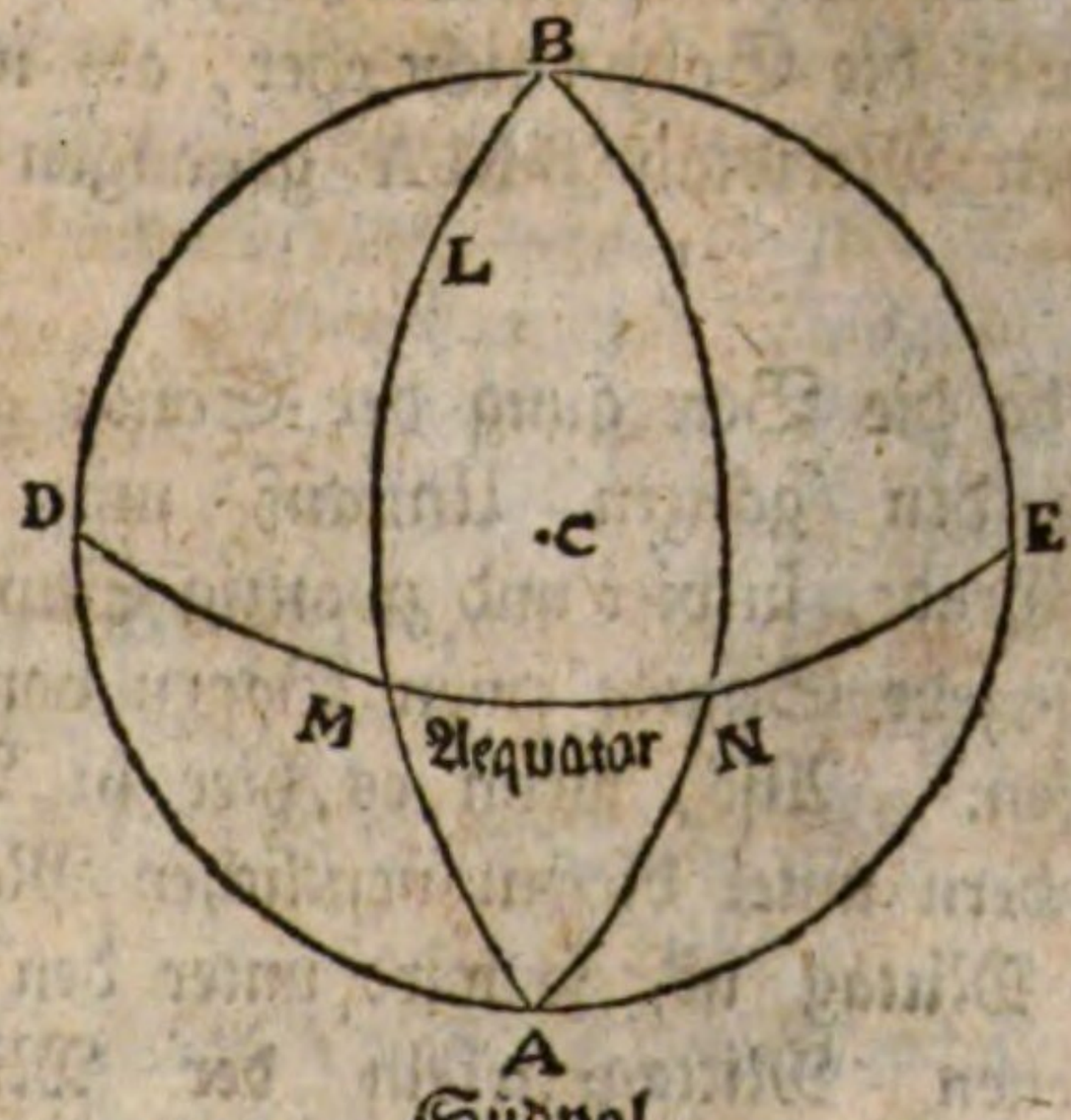
den 12ten September 1761.

Hundert und drey und sechzigster Brief.

Ein gar sicheres Mittel, die Länge zu finden, würde eine Uhr seyn, es sey eine Taschenuhr, oder eine Perpendikeluhr, die so vollkommen wäre, oder die immer so gleich und richtig gienge, daß keine Erschütterung, die sie auf der Reise auszustehen hätte, im Stande wäre, ihre Bewegung zu verändern.

Wir wollen annehmen, man habe es so weit gebracht, eine solche Uhr zu verfertigen, und zeigen, wie man vermittelst derselben im Stande seyn würde, das Problem der Länge aufzulösen. Zu diesem Ende muß ich zur Betrachtung der Mittagskreise zurückgehen, die man sich als durch alle Oerter der Erde gezogen vorstellt.

Ew. Hoheit wissen, daß die Sonne alle Tage einmal rund um die Erde läuft, und daß sie folglich nach und nach, in Zeit von vier und zwanzig Stunden, durch alle Mittagskreise geht.



Nun sagt man, die Sonne geht durch einen gewissen Meridian, wenn die von der Sonne zum Mittelpunkt der Erde gezogne gerade Linie genau durch diesen Meridian geht. Also wenn jetzt die von der Sonne zum Mittelpunkte der Erde gezogne Linie durch den Meridian BLMA gienge, so würde man sagen, die Sonne geht durch diesen Meridian, und alsdann würde es an allen unter diesem Meridian gelegenen Oertern Mittag seyn: aber unter jedem andern Meridian würde es in diesem Augenblicke nicht Mittag seyn; es würde also entweder vor oder nach Mittag seyn.

Wenn der Meridian BNA mehr ostwärts liegt, als der Meridian BMA: so wird die Sonne, indem sie ihren Umlauf von Osten nach Westen macht, durch den Meridian BNA durchgehen, ehe sie zu dem Meridian BMA kömmt; es wird also unter dem Meridian BNA eher Mittag seyn, als unter dem Meridian BMA; folglich, wenn es unter diesem letztern Meridian Mittag seyn wird, so wird der Mittag unter jedem andern gegen Osten gelegenen Meridian schon vorüber, und es da schon Nachmittag seyn. Im Gegentheil wird es unter jedem Meridian BDA, der mehr westwärts liegt, annoch Vormittag seyn, weil die Sonne nicht eher, als nachdem sie schon durch den Meridian BMA gegangen ist, dahin kömmt.

Weiter, da die Bewegung der Sonne gleichförmig ist, und sie den ganzen Umlauf um die Erde, das ist, 360 Grade, in vier und zwanzig Stunden vollendet, so wird sie jede Stunde einen Bogen von 15 Graden durchlaufen. Also, wenn es hier in Berlin und an jedem andern unter diesem nemlichen Meridian gelegenen Orte Mittag ist, so wird unter den mehr ostwärts gelegenen Mittagszirkeln der Mittag schon vorbey seyn; und besonders wird es alsdenn, unter dem

um

um 15 Grade gegen Osten von dem berlinischen Meridian entfernten Mittagszirkel, schon Ein Uhr seyn; unter dem um 30 Grade entfernten Meridian aber Zwey Uhr, und unter dem um 45 Grade entfernten Meridian Drey Uhr nach Mittag u. s. w. Das Gegentheil wird an denjenigen Oertern sich ereignen, die unter westlichern Mittagskreisen liegen, als dem von Berlin; und wenn es hier Mittag ist, so wird es unter dem um 15 Grade entfernten Meridian nur 11 Uhr vor Mittag seyn; 10 Uhr vor Mittag unter dem um 30 Grade, 9 Uhr vor Mittag unter dem um 45 Grade westwärts entfernten Meridian, u. s. w.; weil ein Unterschied von 15 Graden zwischen den Meridianen immer eine Stunde Unterschied in der Zeit ausmacht.

Um dasjenige, was wir so eben gesagt haben, noch besser zu erklären, wollen wir die beyden Städte Berlin und Paris betrachten. Da der Meridian von Berlin um 11 Grade 7 Minuten 15 Secunden mehr gegen Osten liegt, als der von Paris, so wird, wenn man für 15 Grade eine Stunde rechnet, dieser Unterschied von 11 Graden 7 Minuten 15 Secunden einen Unterschied von 44 Minuten und 29 Secunden Zeit, oder beynahe drey Viertelstunden geben. Also wenn es in Paris Mittag ist, so wird es in Berlin schon 44 Min. 29 Sec. nach Mittag seyn; und hinwiederum, wenn es hier in Berlin Mittag ist, so wird es in Paris annoch Vormittag seyn, und die Uhr daselbst nur 11 Uhr 15 Min. 31 Sec. weisen; so daß es da erst nach 44 Minut. 29 Sec. Zeit Mittag werden wird. Hieraus sieht man, daß die Uhren in Berlin in jedem Augenblicke mehr anzeigen müssen als in Paris, und daß dieser Unterschied 44′ 29″ Zeit ausmachen muß.

Der Unterschied zwischen den Meridianen von Berlin und Magdeburg beträgt 1 Grad 14 Minuten, um welche

Berlin östlicher ist als Magdeburg. Dieser Unterschied, in Zeit verwandelt, giebt 6 Minuten 40 Secunden, die die Uhren von Berlin mehr weisen müssen, als die von Magdeburg. Folglich, wenn es in Magdeburg Mittag ist, oder wenn die Uhren, die ich für richtig annehme, daselbst auf XII weisen, so müssen die Berliner Uhren, in dem nemlichen Augenblick, 6 Min. 40 Sec. nach 12 Uhr zeigen, so daß es daselbst schon nach Mittag seyn muß.

Ew. Hoheit sehen hieraus, daß nach dem Verhältniß, wie die Oerter in der Länge verschieden sind, oder unter verschiedenen Mittagszirkeln liegen, wohl gerichtete Uhren in dem nemlichen Augenblicke daselbst auch verschiedene Stunden weisen müssen, daß dieser Unterschied eine ganze Stunde betragen muß, wenn der Unterschied in der Länge 15 Grad beträgt, und daß überhaupt für jede 15 Grade in der Länge, der Unterschied der Zeit, die wohl gerichtete Uhren an diesen verschiedenen Oertern, in dem nemlichen Augenblicke, anzeigen müssen, eine Stunde Zeit ausmachen wird.

Wenn man sich also einer Uhr bedienen wollte, um die Länge der Oerter zu finden, durch die man reist, so müßte man sie gleich im Anfang, es sey an welchem Ort es wolle, richtig stellen: dieses geschieht mittelst der Beobachtung des Mittags, welches der Augenblick ist, da die Sonne durch den Meridian dieses Ortes geht, und alsdann muß die Uhr genau XII Uhr zeigen. Ferner muß die Uhr so eingerichtet seyn, daß immer nach vier und zwanzig Stunden, wenn die Sonne wieder an den nemlichen Meridian kömmt *), der Zeiger, nachdem er zwey ganze Umgänge gemacht, genau wieder auf XII stehe. Wenn dieses genau sich so verhält, so werden solche richtig gestellte Uhren an verschiedenen Oertern nur alsdann übereinkommen, wenn sie unter demselben Meridian stehen; befin-

*) Nach der mittlern Bewegung: man sehe die nächstfolgende Anmerkung.

befinden sie sich aber unter verschiedenen Meridianen, oder ist ein Unterschied zwischen ihren Längen vorhanden, so werden auch die Zeiten, welche die Uhren in dem nemlichen Augenblick anzeigen, verschieden seyn; so daß jeder Verschiedenheit von 15 Graden in der Länge eine ganze Stunde Unterschied in den durch die Uhren angezeigten Zeiten entspricht.

Und umgekehrt, wenn man diese Verschiedenheit zwischen den Zeiten kennt, welche richtig gestellte Uhren an verschiedenen Oertern in dem nemlichen Augenblicke anzeigen, so läßt sich daraus der Unterschied ihrer Längen leicht herleiten, wenn man immer 15 Grade für eine Stunde, und einen Viertelsgrad für eine Minute rechnet.

den 15ten September 1761.

Hundert und vier und sechzigster Brief.

Ew. Hoheit werden sich über die Verschiedenheit der Zeiten, welche richtig gestellte Uhren unter verschiedenen Meridianen anzeigen müssen, um so viel weniger verwundern, wenn Dieselben zu überlegen belieben, daß, wenn es bey uns Mittag ist, gegen Osten Länder liegen, denen die Sonne schon untergeht, und gegen Westen andere, wo die Sonne so eben aufgegangen ist; also muß es wohl bey jenen schon Abend seyn, indeß daß es bey diesen annoch Morgen ist, und beydes in eben demselben Augenblicke, da es bey uns Mittag ist. Weiter wissen Ew. Hoheit ebenfalls, daß es bey unsern Gegenfüßlern, deren Meridian dem unsrigen gegenüber steht, Nacht ist, indem es bey uns Tag ist, so daß, wenn bey uns Mittag ist, sie Mitternacht haben.

Nach diesen Erklärungen wird es mir leicht seyn zu zeigen, wie eine gute Uhr dazu dienen könne, den Unterschied der Meridiane, oder der Länge von verschiedenen Oertern zu erfahren.

Wir wollen zu diesem Ende annehmen, ich hätte eine solche vortreffliche Uhr, die, wenn sie einmal richtig gestellt ist, alle Tage genau die Zeit *) richtig anzeigt, die hier in Berlin ist, so daß sie jedesmal, wenn es in Berlin Mittag ist, genau XII Uhr weise: wir wollen ferner annehmen, sie gehe so richtig, daß ich nicht mehr nöthig habe, sie anzurühren, nachdem sie einmal gestellt ist; endlich, daß ihr Gang nicht in Unordnung gebracht werde, ich mag sie in einen Wagen nehmen, oder sie mag am Bord eines Schiffes auf offener See den Erschütterungen und allen Arten von Bewegung ausgesetzt seyn.

Nun mag ich mit dieser Uhr eine Reise, es sey zu Wasser oder zu Lande, unternehmen, so wird sie, weil ihr Gang eben derselbe bleibt, so gut, als wenn ich in Berlin geblieben wäre, mir jeden Tag in eben dem Augenblicke, da es in Berlin Mittag ist, XII Uhr weisen, und das an jedem Orte, wo ich mich immer befinden mag. Auf dieser Reise komme ich anfänglich nach Magdeburg; ich beobachte daselbst die Sonne, wenn sie durch den Meridian geht, welches geschiehet, wenn sie sich gerade in Süden befindet; und weil es in diesem Augenblick in Magdeburg Mittag ist, so sehe ich nach meiner Uhr, und werde gewahr, daß sie alsdann 12 Uhr 6 Min. 40 Sec. zeigt, woraus ich schließe, daß, wenn es in Magdeburg Mittag ist, es in Berlin schon nach Mittag ist, und daß der Unterschied 6′. 40″ Zeit beträgt, welche einem Grad und 40 Min. entsprechen, um die der magdeburgische Meridian westlicher ist als der berlinische; folglich da die Länge von Berlin 31°. 7′. 15″ ist, so wird die Länge von Magdeburg um 1°. 40′ kleiner, und also 29°. 27′. 15″ seyn.

Von

*) Hier muß die mittlere Zeit verstanden werden, deren Verhältniß zur wahren Zeit aus den astronomischen Tafeln bekannt ist. Der Verfasser hat für dienlich erachtet, diesen Unterschied hier nicht zu berühren, der ihn in allzu umständliche Erörterungen geführt haben würde.

Von da gehe ich mit meiner Uhr, an der ich nichts ändere, nach Hamburg; und wenn ich da den Mittag beobachtet habe, (denn den Stadtuhren, die daselbst die Stunden zeigen, dürfte ich nicht trauen,) so seh ich, daß meine Uhr schon 12 Uhr 13'. 33" zeigt, so daß es in Berlin schon 13'. 33" nach Mittag ist, wenn es in Hamburg Mittag ist; und hieraus schließe ich, der Meridian von Hamburg sey um 3°. 23'. 15" westlicher als der von Berlin. Wenn man 15° für eine Stunde rechnet, und folglich einen Grad für 4 Minuten Zeit, so findet man, daß 13'. 33" Zeit zum Unterschied der Meridiane 3°. 23'. 15" geben; die Länge von Hamburg wird also 27°. 44' seyn.

In Hamburg gehe ich mit meiner Uhr zu Schiffe, und komme nach einer langen Reise an einem Orte an, wo ich den Mittag erwarte, wovon ich den Zeitpunkt durch meine Sonnenbeobachtungen bestimme, und sehe, daß meine Uhr nur 10 St. 58'. 15" weist, so daß es in diesem Augenblicke in Berlin annoch vor Mittag ist. Da der Unterschied 1 St. 1'. 45" ausmacht, so schließe ich, der Ort, wo ich angekommen, sey östlicher als Berlin, und weil eine Stunde 15 Grade giebt, eine Minute Zeit 15', und 45" Zeit 11'. 15", so wird der Unterschied der Meridiane 15°. 26'. 15" seyn. Ich befinde mich also an einem Orte, der östlicher liegt als Berlin, und dessen Länge um 15°. 26'. 15" größer ist als die von Berlin; da diese 31°. 7'. 15" beträgt, so wird die Länge des Ortes, wo ich mich befinde, 46°. 33'. 30" betragen. Also weiß ich, unter welchem Meridian ich mich befinde, aber ich bin noch ungewiß über den Punkt dieses Meridians. Zu diesem Ende nehme ich meine Zuflucht zu den astronomischen Beobachtungen, und suche die Höhe des Pols, die ich genau 41° finde. Da ich über das weiß, daß ich noch auf der nordlichen Hemisphäre der Erde mich befinde, weil ich nicht über den Aequator gekommen bin, so erfahre

ich,

ich, daß ich mich gegenwärtig an einem Ort befinde, dessen nordliche Breite 41° ist, und die Länge 46°. 33'. 30"; ich nehme demnach Landcharten, ziehe darauf den Meridian, dessen Länge 46°. 33'. 30" ist, suche den Ort, dessen Breite 41° ist, und finde, daß dieser Ort die Stadt Constantinopel ist, ohne daß ich nöthig gehabt hätte, mich nach dem Namen dieser Stadt bey jemanden zu erkundigen.

Auf gleiche Weise kann ich, an welchen Ort der Erde ich mit meiner vortrefflichen Uhr hinkommen mag, desselben Länge bestimmen, und nachgehends zeigt mir die Beobachtung der Polhöhe auch seine Breite. Alsdann darf ich nur eine Erdkugel oder eine gute Landcharte nehmen, so wird es mir leicht seyn, den Punkt anzuzeigen, der dem Orte, wo ich mich befinde, zustimmt, so unbekannt mir auch sonst das Land seyn mag.

Unterdessen ist es sehr zu bedauern, daß es den geschicktesten Uhrmachern noch nicht gelungen ist, solche vortreffliche Uhren zu verfertigen, als diese Methode erheischt. Man findet wohl sehr gute Penduluhren, aber sie gehen nicht richtig, außer wenn sie in einem völlig stillen Zimmer fest aufgehängt sind; die geringsten Erschütterungen und sogar die leichtesten Bewegungen sind im Stande, sie in Unordnung zu bringen: diese Penduluhren sind also zu Reisen schlechterdings unnütze. Auch begreift man leicht, daß die Bewegung des Perpendikels, nach welchem sich ihr Gang richtet, die Stöße nicht ertragen kann, denen er auf der Reise ausgesetzt seyn würde. Indessen sind es ungefähr zehn Jahre, daß ein Künstler in England sich berühmt hat, eine solche Uhr verfertigt zu haben, auf welche die Erschütterungen der Reise keinen Eindruck machten, und man hat sogar behauptet, man habe, nach einer langen Reise in einer Kutsche, nicht die mindeste Unordnung an derselben wahrgenommen; worauf dem Erfinder wirklich ein Theil der auf die Entdeckung der Länge gesetzten

Beloh-

Belohnung ausbezahlt worden, und das Uebrige sollte ihm bezahlt werden, nachdem man einen Versuch auf einer langen Seereise damit angestellt haben würde. Allein seit dieser Zeit haben die Zeitungen nicht mehr davon geredet, woraus zu vermuthen ist, diese Unternehmung sey eben so, wie eine Menge anderer, die man in dieser Absicht versucht hat, fehlgeschlagen.

den 19ten September 1761.

Seit der Zeit, daß dieser Brief geschrieben worden, sind noch manche wichtige Versuche mit Seeuhren in England und Frankreich gemacht, so wie überhaupt die Erfindung der Länge zur See sehr erleichtert und sicherer gemacht ist.

Noch im Jahr 1761 that der Sohn des hier erwähnten Künstlers Harrisons, mit der von seinem Vater verfertigten Uhr, auf Befehl der zur Länge verordneten Commission, eine Reise nach Jamaika, damit der Gang der Uhr auf dieser Reise mittelst astronomischer Beobachtungen geprüft werden könnte. Nach der Zurückkunft war der Gang der Uhr nur um 1 Min. 54½ Sec. unrichtig geworden, so daß sie nach dieser Probe die Länge noch etwas genauer als auf einen halben Grad anzugeben im Stande war. Sie hatte unterwegens und in Jamaika ebenfalls gute Proben von ihrer Güte abgelegt. Wegen verschiedener Einwendungen erhielt Harrison nicht den Preis, worauf er nach dieser Probe Anspruch machte, der nicht weniger als 20000 Pf. Sterling ist; doch wurden ihm 1500 Pf. ausgezahlt. Einige Zeit vorher hatte er zur Unterstützung in seiner Unternehmung 1250 Pf. erhalten. Im Anfang des Jahres 1763 wurden ihm mit Einschluß jener 1500 Pf. noch 5000 Pf. durch eine Parlamentsacte versprochen, wenn er die Einrichtung seiner Uhr so deutlich würde erklärt haben, daß andere Künstler dadurch in

Stand

Stand gesetzt würden, sie nachzumachen. Es verzögerte sich aber die Auszahlung dieser Belohnung, weil man verlangte, daß er seine Uhr nicht allein beschreiben, sondern auch wirklich durch andere Künstler verfertigen lassen sollte. Darum wurde im J. 1764 noch eine zweyte Reise mit der Uhr nach Barbados unternommen. Sie war, als sie nach der Zurückkunft untersucht wurde, nur um 54 Secunden vorgerückt; ja, wenn man die von der Veränderung der Wärme herrührenden Ungleichheiten, die mittelst eines Thermometers sollten bestimmt werden können, und die von dem jungen Harrison auf der Reise wirklich waren angemerkt worden, mit in Rechnung brachte, so betrug die Abweichung der Uhr nach Vollendung der Hin- und Herreise nur 15 Secunden. Freylich konnte die Uhr dennoch beträchtlichen Abweichungen unterworfen seyn, die sich nur gegeneinander mehrentheils aufgehoben hatten. Allein sie hatte auch unterwegens Beweise von der Richtigkeit ihres Ganges gegeben. Weil man aber auf der einen Seite darauf bestand, daß Harrison nicht allein die Einrichtung seiner Uhr deutlich erklären, sondern sie auch durch andere Künstler sollte nachmachen lassen, auf der andern Harrison, der nach dem Buchstaben des Gesetzes dazu eigentlich nicht verpflichtet war, sich wegerte, dieses zu thun, so verzögerte sich die Sache, bis daß Harrison die Einrichtung seiner Uhr umständlich erklärte, welche auch öffentlich bekannt gemacht ist, worauf die Commissarien wegen der Länge ihm unter dem 28sten October 1765 ein Certificat an die Admiralität gaben, daß ihm außer den schon erhaltenen 2500 Pf. noch 7500 Pf. sollten ausbezahlt werden. Er hätte vielleicht die andere Hälfte des höchsten Preises auch erhalten, wenn man nicht durch die Prüfung, welche auf der Sternwarte zu Greenwich mit der Harrisonschen Uhr aufs neue angestellt wurde, mitsrauisch gegen sie geworden wäre. Dem sey wie ihm wolle, so bleibt Harrisons Uhr für die Schifffahrt immer

eine

eine ungemein wichtige Erfindung. Denn bey den astronomischen Methoden die Länge zu erfahren, ist eine genaue Uhr doch nothwendig. Wenn man bey bequemen Gelegenheiten den Gang der Uhr durch astronomische Beobachtungen berichtiget, und nebst ihr den Mond und die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zu Hülfe nimmt, so wird man durch die Verbindung beyder Methoden die Länge desto zuverläßiger erfahren können.

In Frankreich bemühten sich zu gleicher Zeit mehr als ein Künstler, le Roy und Berthoud um die Erfindung vollkommener Seeuhren. Ein paar Uhren des erstern wurden im J. 1767 auf einer Reise von Havre de Grace nach Amsterdam zu wiederholtenmalen bey den Anländungen geprüft. Die Prüfung ist noch sehr zweydeutig; doch rühmt man, daß die Uhr des französischen Künstlers einfacher sey, als die Uhr des englischen. In der Folge hat man zwey Uhren von le Roy und eine von Berthoud auf einer Reise nach den antillischen Inseln und nach Island geprüft, auf welcher sie zwar durch verschiedene Zufälle einige Veränderungen des Ganges gelitten haben, aber doch innerhalb der Schranken geblieben seyn sollen, welche ehemals von dem englischen Parlament zur Erhaltung des höchsten Preises vorgeschrieben sind. Der französische Künstler le Roy hat für seine Uhr, die ihm, eben so wie Harrison die seinige, 25 Jahre gekostet, von seiner Regierung, so viel ich weiß, nichts erhalten, als nur von der Akademie den verdoppelten auf die Erfindung der Meereslänge gesetzten Preis.

Hundert und fünf und sechzigster Brief.

In Ermangelung einer so vortrefflichen Uhr, wie ich die Ehre gehabt, Ew. Hoheit zu beschreiben, hat man bis dahin die Mondfinsternisse für das sicherste Mittel zur Entdeckung der Länge angesehen; nur Schade, daß diese Er-

Erscheinungen so selten vorkommen, und daß man sich derselben nicht allemal, so oft man es nöthig hat, bedienen kann.

Ew. Hoheit wissen, daß der Mond verfinstert wird, wenn er durch den Schatten der Erde geht: wenn dieses geschiehet, so kann man den Augenblick bemerken, da der Mond anfängt in den Schatten der Erde zu treten, und so auch den Augenblick, da er aus demselben heraustritt; der erstere Augenblick wird der Anfang der Finsterniß genennt, und der andre das Ende derselben; und wenn man diese beyden Zeiten beobachtet, so heißt die mittlere Zeit zwichen beyden das Mittel der Finsterniß. Zuweilen verhüllt sich der Mond ganz in den Schatten der Erde, und bleibt eine Zeit lang ganz unsichtbar; eine solche Finsterniß wird eine völlige (totale) genennt, und dann kann man noch zwey Momente bemerken, den, wo der Mond ganz verschwindet, und den, wo er anfängt, wieder aus dem Schatten zu treten; jener wird der Anfang der gänzlichen Verfinsterung genennt, und dieser das Ende der gänzlichen Verfinsterung. Aber wenn nur ein Theil des Mondes verfinstert wird, so heißt eine solche Finsterniß eine partiale, und man bemerkt an derselben nur die Augenblicke des Anfanges und des Endes. Zudem wissen Ew. Hoheit, daß die Mondfinsternisse nur zur Zeit des Vollmondes vorkommen, und das ziemlich selten.

Dieses vorausgesetzt, wenn man eine Mondfinsterniß an zwey verschiedenen Oertern beobachtet, die unter verschiedenen Meridianen liegen, so wird man wohl den Anfang der Finsterniß in demselben Augenblicke sehen, aber die Uhren dieser Oerter werden nicht dieselbe Zeit weisen: ich rede von wohl gerichteten Uhren, deren jede genau XII Uhr zeiget, wenn es an dem Orte, wo sie sich befindet, Mittag ist. Wenn die zwey Oerter unter dem nemlichen Meridian liegen, so werden die Uhren freylich die nemliche Zeit anzeigen, sowohl zu Anfang als am Ende der

Fin-

Finsterniß: aber wenn die zwey Mittagszirkel um 15 Grade von einander entfernt sind, oder wenn der Unterschied ihrer Längen 15° ist, so müssen die Uhren um eine ganze Stunde von einander abgehen, sowohl zu Anfang als am Ende der Finsterniß; die Uhr des mehr gegen Osten gelegenen Ortes wird eine Stunde mehr oder später weisen als die andere; auf gleiche Weise wird ein Unterschied von 30° in der Länge einen Unterschied von zwey Stunden in der durch die Uhren angezeigten Zeit verursachen; ein Unterschied von 45° in der Länge wird einen Unterschied von drey Stunden in der Zeit verursachen, und so weiter, wie die hier beygefügte Tafel zeigt.

Unterschied in der Länge.	
in Graden.	in Stunden.
15	1.
30	2.
45	3.
60	4.
75	5.
90	6.
105	7.
120	8.
135	9.
150	10.
165	11.
180	12.

Hieraus sieht man, daß, wenn der Unterschied in der Länge 150° wäre, die Uhren, sowohl zu Anfang als am

Ende der Finsterniß, um 10 Stunden von einander abgehen würden.

Umgekehrt, wenn man die nemliche Finsterniß an zwey verschiedenen Oertern beobachtet, und die Zeit der Uhr im Momente des Anfanges der Finsterniß genau bemerkt, so wird man aus dem Unterschiede zwischen diesen bemerkten Zeiten schließen können, um wie viel diese Oerter in der Länge verschieden sind. Dabey wird derjenige Ort, wo die Uhr voraus ist, mehr gegen Osten liegen, und folglich seine Länge größer seyn, weil man die Längen von Westen nach Osten zählt.

Wirklich hat man durch dieses Mittel die Längen der vornehmsten Oerter der Erde bestimmt, und diesen Bestimmungen zufolge die Landcharten entworfen. Allein man mußte immer die Beobachtungen, die an einem Orte angestellt waren, dessen Länge noch nicht bekannt war, mit denjenigen vergleichen, die an einem bekannten Orte gemacht worden, und um dieses Grundes willen mußte man warten, bis man diese Vergleichung anstellen konnte. Also, wenn ich nach einer langen Reise an einen unbekannten Ort hingekommen wäre, und es zeigte sich die Gelegenheit, eine Mondfinsterniß zu beobachten, so würde mir dieses noch nichts helfen, um meine Länge itzt zu wissen; ich würde warten müssen, bis ich zurückgekommen wäre, damit ich meine Beobachtung mit einer andern an einem bekannten Orte gemachten vergleichen könnte, und also würde ich allzuspät innen werden, wo ich damals gewesen. Nun aber möchte ich hierüber gleich auf der Stelle Erläuterung haben, damit ich meine Maaßregeln darnach nehmen könnte.

Inzwischen kann man auch hierüber befriedigt werden, seit dem man die Bewegung des Mondes so genau kennt, daß man im Stande ist, nicht allein alle Finsternisse vorher zu sagen, sondern auch den Augenblick sowohl des Anfanges als des Endes nach der Uhr eines bekannten Or-

tes anzugeben. Ew. Hoheit wissen, daß unsre Berliner Calender immer für jede Finsterniß den Anfang und das Ende nach der Berliner Uhr anzeigen. Wer also eine große Reise machen will, der kann sich einen Berliner Calender kaufen; und wenn er Gelegenheit findet, an einem unbekannten Orte eine Mondfinsterniß zu beobachten, und ihre Zeit nach einer Uhr, die er vorher an diesem Orte nach dem Mittag richtig gestellt hat, genau zu bemerken, so darf er nur die Augenblicke des Anfanges und des Endes der Finsterniß mit denen im Calender vergleichen, um den Unterschied des Meridians von Berlin und des Ortes, wo er sich wirklich befindet, zu erfahren.

Indessen findet sich bey dieser Methode, außer dem Umstande, daß die Mondfinsternisse sehr selten vorkommen, noch eine andere Schwierigkeit ein, nemlich diese, daß man den Augenblick, da die Finsterniß anfängt oder sich endigt, nicht genau genug unterscheiden kann, weil es beynahe unmerklich zugeht, so daß man sich um mehrere Secunden Zeit irren mag. Weil aber der Irrthum, in Ansehung des Endes und des Anfangs, ungefähr der nemliche ist, so sucht man das Mittel zwischen den beyden beobachteten Augenblicken, welches das Mittel der Finsterniß seyn wird, und nachgehends vergleicht man dieses Mittel mit demjenigen, das der Calender für Berlin oder für einen andern bekannten Ort anzeigt.

Uebrigens, im Fall daß die Calender für das nächste Jahr noch nicht gedruckt wären, wenn jemand reisen will, oder wenn seine Reise einige Jahre nach einander dauern könnte, so findet man andre Bücher, worinne die Finsternisse auf viele Jahre hinaus schon berechnet sind.

den 22sten September 1761.

Hundert und sechs und sechzigster Brief.

Die Sonnenfinsternisse können ebenfalls zur Bestimmung der Länge dienen, aber auf eine andere Weise, die weit schwerere Berechnungen erfordert. Der Grund ist, weil die Sonne selbst alsdann keine Verfinsterung leidet; nur der Mond stellt sich vor die Sonne hin, und hindert die Stralen zu uns zu kommen: es ist damit ungefähr eben so, als wenn ich meinen Hut vor die Sonne hielte, um mich vor ihrem Lichte zu bedecken; der hindert andre nicht, ihren völligen Glanz zu sehen. Eben so bedeckt der Mond die Sonne nur einem Theil der Erdbewohner, und wir können hier in Berlin eine Sonnenfinsterniß haben, indeß daß in Paris das Licht der Sonne keine Verringerung leidet.

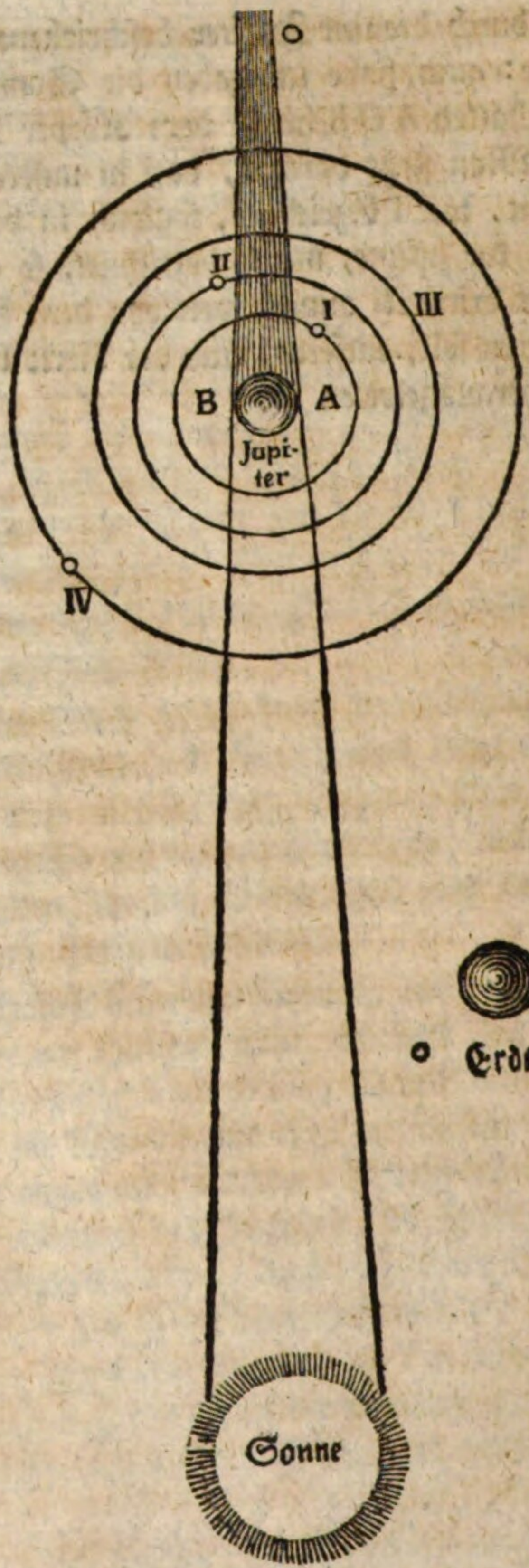
Aber der Mond wird durch den Schatten der Erde wirklich verfinstert, und sein eigenes Licht wird dadurch verringert oder ausgelöscht; daher kömmt es, daß die Mondfinsternisse auf die nemliche Weise und allenthalben gesehen werden, wo der Mond, zur Zeit der Finsterniß, sich über dem Horizont befindet.

Ew. Hoheit begreifen hieraus, daß, wenn es noch andere Körper am Himmel gäbe, die von Zeit zu Zeit eine wirkliche Verfinsterung erlitten, sie mit dem gleichen Erfolge, wie die Mondfinsternisse, zur Bestimmung der Länge könnten angewandt werden. Dergleichen Körper nun sind die Trabanten des Jupiters, die so oft in den Schatten ihres Planeten treten, daß fast keine Nacht vergeht, wo nicht einer von ihnen verfinstert würde; so daß die Finsternisse der Jupiterstrabanten uns ein sehr gutes Mittel zur Bestimmung der Länge an die Hand geben; wie denn auch die Astronomen sich desselben mit gutem Erfolge bedienen.

Ew. Hoheit wissen, daß Jupiter vier Trabanten hat, die sich um ihn, jeder in seinem Kreise, bewegen, wie

ich

ich es hier durch die um Jupiter beschriebenen Zirkel vorgestellt habe: auch habe ich dabey die Sonne vorgestellt, um den Schatten A O B hinter dem Körper Jupiters anzuzeigen. Man sieht daraus, daß in unserer Figur der erste Trabant, mit I bezeichnet, sogleich in den Schatten treten wird, der zweyte, mit II bezeichnet, so eben herausgetreten, der dritte III annoch weit von dem Schatten, in den er eintreten soll, entfernt, und der vierte IV schon vor langer Zeit herausgetreten ist.



Sobald

Sobald einer von den Trabanten in den Schatten eintritt, wird er unsichtbar; und dieses geht ziemlich geschwinde zu, so daß man, an welchem Ort die Erde sich immer befinden mag, den Trabanten plötzlich verschwinden sind, den man bis dahin ziemlich gesehen hatte. Ein solcher Eintritt eines Trabanten in den Schatten Jupiters wird das Eintauchen, die Immersion, und sein Heraustreten aus dem Schatten die Emersion genannt; alsdann sieht man den Trabanten, der eine Zeit lang unsichtbar gewesen, plötzlich wieder erscheinen.

Sowohl die Immersionen als die Emersionen sind gleich geschickt zur Bestimmung der Länge, weil sie sich in einem bestimmten Augenblicke zutragen, so daß, wenn man eine solche Erscheinung an vielen verschiedenen Oertern der Erde beobachtet, man in den, nach den Uhren eines jeden Ortes, angezeigten Zeiten eben den Unterschied finden muß, den die Verschiedenheit der Mittagskreise erheischt. Es verhält sich damit eben so, als wenn man den Anfang oder das Ende irgend einer Mondfinsterniß beobachtete; und die Sache hat alsdann weiter keine Schwierigkeit, weil man es schon seit einiger Zeit dahin gebracht hat, daß man diese Finsterniße der Jupiterstrabanten, das ist, ihre Immersionen und Emersionen vorhersagen kann. Man darf nur die beobachtete Zeit mit der für einen bekannten Ort, wie z. E. für Berlin berechneten Zeit vergleichen, so wird man sogleich auf die Entfernung seines Meridians von dem Meridian von Berlin schließen können.

Wirklich bedient man sich dieser Methode allenthalben auf dem Lande; allein zu Schiffe, wo die Fälle am dringendsten sind, hat man zu Ausübung dieser Methode noch keine Mittel gefunden, um den Ort, wo man ist, mit Sicherheit zu bestimmen. Wenn man die Trabanten des Jupiters so gut als den Mond mit bloßen Augen sehen könnte, so würde die Anwendung dieser Methode zur See

keine Schwierigkeit haben; allein da man die Jupiterstrabanten anders nicht als durch ein Fernrohr, von wenigstens vier oder fünf Schuhen, sehen kann, so verursacht dieser Umstand ein unübersteigliches Hinderniß.

Ew. Hoheit wissen, wenn man sich zu Lande etwas langer Fernröhre bedient, wie viel Geschicklichkeit dazu gehört, um sie gegen den Gegenstand zu richten, den man betrachten will, und um sie fest zu halten, damit man den Gegenstand nicht verliere; hieraus werden Dieselben leicht schließen können, daß es zur See, wo das Schiff sich in einer unaufhörlichen Bewegung befindet, beynahe unmöglich seyn müsse, nur den Jupiter zu entdecken; und wenn man ihn auch gefunden hätte, so wird man ihn in dem nemlichen Augenblicke wieder aus dem Gesichte verlieren. Aber um eine Immersion oder Emersion irgend eines Jupiterstrabanten wohl zu beobachten, wird schlechterdings erfordert, daß man ihn eine Zeit lang geruhig betrachten könne; und da dieses zur See nicht möglich ist, so scheint es, als ob man diese Methode, die Längen zu bestimmen, aufgeben müsse.

Indessen giebt es zwey Mittel, dieser Schwierigkeit abzuhelfen: das erste, daß man sehr kurze Fernröhre erfinde, z. E. von sechs Zollen oder noch kürzer, die uns die Jupiterstrabanten deutlich genug entdeckten; denn es ist kein Zweifel, daß es viel leichter seyn würde, so kleine Ferngläser zu regieren, als andre vier bis fünf Fuß lange. Man arbeitet wirklich mit dem größten Erfolge an dieser Vervollkommnung der Ferngläser, und es hat großen Anschein, man werde es weit bringen; allein es ist noch zweifelhaft, ob dergleichen vollkommnere Ferngläser nicht eben so viel Geschicklichkeit zum Richten erfodern werden, als die gewöhnlichen von größerer Länge.

Das andere Mittel würde seyn, sich auf dem Schiffe einen so festen und unbeweglichen Sitz zu verschaffen, daß man die Bewegungen desselben nicht spürte; es scheint,

daß

daß ein wohl ersonnener Hängestuhl dieses leisten könnte. Wirklich haben wir unlängst in den Zeitungen gelesen, daß ein Engländer vorgegeben, einen solchen Stuhl erfunden zu haben, und daß er ebenfalls an die auf die Entdeckung der Länge gesetzte Belohnung Anspruch machte. Er hatte Recht, weil man durch dieses Mittel zur See die Immersionen und Emersionen der Jupiterstrabanten beobachten könnte, die unstreitig zur Bestimmung der Längen sehr dienlich sind: allein, seit dieser Zeit hat man nichts weiter davon gehört. Ew. Hoheit können hieraus leicht schließen, wie vielen Schwierigkeiten die Entdeckung der Länge unterworfen sey.

den 26sten September 1761.

Es waren zwey Engländer, Irwin und Malone, die einen bequemen Schiffstuhl wollten erfunden haben; allein ein berühmter englischer Astronom, Maskelyne, bezeuget, daß er auf seiner Reise nach Barbados zum öftern mit diesem Stuhle Proben gemacht habe, aber niemals die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten vermittelst desselben zu beobachten im Stande gewesen sey. Ganz neulich hat Hr. Prof. Kratzenstein zu Kopenhagen einen Schiffstuhl angegeben, der sehr bequem scheint, auch von ihm selbst auf einer Seereise zu seiner Absicht tüchtig gefunden ist. Diese Absicht ist, die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten mittelst desselben zu beobachten. Zur Bestimmung der Länge bleiben diese immer ein sehr brauchbares Mittel. Denn wenn man gleich nur einigemal im Monate sie bey günstigem Himmel beobachten kann, so hat man doch an einer oder zwey Beobachtungen genug, um den Gang seiner Uhr dadurch zu berichtigen.

Hundert und sieben und sechzigster Brief.

Der Himmel giebt uns noch ein Hülfsmittel an die Hand, um zur Erfindung der Länge zu gelangen, ohne Fernröhre zu brauchen; und es scheint, als ob die Astronomen das größte Vertrauen darauf setzten. Der Mond ist es, der diesen Dienst leisten soll, und das nicht allein, wenn er verfinstert ist, sondern sogar allezeit, wenn er nur sichtbar ist; und hierin liegt eben der größte Vortheil, da die Finsternisse so gar selten vorkommen, und da die Immersionen und Emersionen der Jupiterstrabanten sich eben so wenig nach unsern Wünschen einfinden, weil alle Jahre eine ziemlich beträchtliche Zeit verfließt, während welcher der Planet Jupiter nicht sichtbar ist, da hingegen der Mond sich fast immer sehen läßt.

Ew. Hoheit werden ohne Zweifel schon bemerkt haben, daß der Mond alle Tage beynahe um drey Viertelstunden später aufgeht. Der Grund hievon ist, weil der Mond, in Absicht auf die Fixsterne, an keinen unveränderlichen Ort gebunden ist, da hingegen die Fixsterne immer die nemliche Lage gegen einander behalten, ob es gleich das Ansehen hat, als ob sie so wie der Himmel jeden Tag einen Umlauf um die Erde vollendeten. Ich rede hier nach dem Anschein; denn in der That dreht sich die Erde alle Tage um ihre Axe, und der Himmel und die Fixsterne bleiben in Ruhe, indeß daß die Sonne und die Planeten, in Absicht auf die Fixsterne, unaufhörlich ihre Stellen verändern. Nun ist der Mond unter den Gestirnen nicht nur den größten Veränderungen unterworfen, sondern er ändert auch von einem Tage zum andern seine Stelle sehr beträchtlich, und das ist es eben, was ihn zur Bestimmung der Längen geschickt macht.

Wenn man heute den Mond bey einem gewissen Fixsterne sieht, so wird er morgen um die nemliche Stunde sehr beträchtlich gegen Osten von demselben entfernt erschei-

nen,

nen, und zuweilen übersteigt dieser Abstand sogar 15 Grade. Die Geschwindigkeit seiner Bewegung ist nicht immer dieselbe; dem ohngeachtet hat man es dahin gebracht, sie sehr genau für alle Tage zu bestimmen, welches uns in Stand setzt, seine wahre Stelle am Himmel für alle Stunden eines jeden Tages voraus zu wissen, indem wir die Stunden nach der Uhr unter einem gewissen bekannten Meridian, z. E. dem von Berlin oder dem von Paris, zählen.

Nunmehr wollen wir annehmen, ich befände mich nach einer langen Reise in einer völlig unbekannten Gegend auf dem Meere, und wollen sehen, wie ich mich des Mondes bedienen könnte, um die Länge dieses Ortes zu erfahren; denn in Absicht auf die Breite hat die Sache gar keine Schwierigkeit, selbst zur See nicht, wo man ziemlich sichre Mittel weiß, die Polhöhe zu beobachten, der die Breite immer gleich ist. Ich würde demnach meine ganze Aufmerksamkeit auf den Mond richten, ich würde ihn mit denen Fixsternen vergleichen, die ihm am nächsten sind, und hieraus würde ich auf seine wahre Stelle am Himmel, in Absicht auf die Fixsterne, schließen. Ew. Hoheit wissen, daß man Himmelskugeln hat, auf welchen alle Fixsterne vorgestellt sind, und daß man auch, gleich den Landcharten, Himmelscharten macht, auf welchen man diejenigen Fixsterne abbildet, die sich in einem gewissen Theile des Himmels befinden. Wenn ich also eine solche Himmelscharte nehme, wo diejenigen Fixsterne verzeichnet sind, denen der Mond nahe ist, so wird es mir leicht seyn, den wahren Ort, wo der Mond sich zu der Zeit befindet, darauf anzuzeigen; und meine Uhr, die ich an diesem Orte richtig gestellt habe, nachdem ich den Mittag daselbst beobachtet, wird mir die Zeit dieser Beobachtung anzeigen. Nachher berechne ich, aus der mir bekannten Bewegung des Mondes, für Berlin, um wie viel Uhr der Mond an dem nemlichen Orte des Himmels, wo ich ihn gesehen, hat

erscheinen müssen. Wenn die beobachtete Zeit mit der Berliner Zeit völlig übereinkömmt, so wird das ein Zeichen seyn, mein Ort liege genau unter dem Meridian von Berlin, und folglich sey die Länge die nemliche. Ist aber die Zeit meiner Beobachtung von der berlinischen Zeit verschieden, so wird mir diese Verschiedenheit den Unterschied zwischen den Meridianen anzeigen; und wenn ich 15 Grade für jede Stunde Zeit rechne, so werde ich abnehmen, um wie viel die Länge meines Ortes größer oder kleiner ist, als die von Berlin; wobey immer die Länge desjenigen Ortes, wo die Zeit am meisten fortgerückt ist, auch die größeste ist.

Dieß ist der kurze Begriff von dieser Methode, die Länge durch die bloßen Beobachtungen des Mondes zu bestimmen. Damit dieses Verfahren noch besser gelinge, so bemerke ich, daß die günstigsten Augenblicke zur richtigen Bestimmung der Stelle des Mondes sind, wenn ein Fixstern sich hinter dem Monde verbirgt; man nennt dieses eine Verbergung (Occultation), und es sind hier zwey Augenblicke zu beobachten: derjenige, da der Mond durch seine Bewegung den Stern bedeckt, und der andre, da der Stern wieder erscheint. Die Astronomen sind sehr aufmerksam, diese Augenblicke der Occultationen wohl zu ergreifen, um hieraus die wahre Stelle des Mondes herzuleiten.

Uebrigens versehe ich mich auf einen Einwurf, den Ew. Hoheit in Ansehung der Taschenuhr oder der Uhr, mit der ich unsern Beobachter zur See versorgt annehme, mir machen werden, nachdem ich die Unmöglichkeit vollkommner Uhren behauptet, die, ungeachtet der Schwankungen des Schiffes, immer gleich gehen. Allein diese Unmöglichkeit betrifft nur solche Uhren, die während einer sehr langen Zeit richtig bleiben sollen, ohne daß man nöthig habe, sie zu stellen: aber für die Beobachtungen, um die es hier zu thun ist, kann eine gewöhnliche Taschenuhr

zurei-

zureichend seyn, wofern sie nur während einiger Stunden gleichförmig geht, nachdem man sie nach dem Mittag des Ortes, wo man sich befindet, richtig gestellt hat; zweifelt man, ob man noch am Abend oder in der Nacht, wenn man den Mond beobachten will, darauf sich verlassen könne, so werden uns die Sterne ebenfalls gar sichere Mittel an die Hand geben, um sie von neuem zu stellen. Denn da uns die Lage der Sonne, in Beziehung auf die Fixsterne, für jede Zeit völlig bekannt ist, so ist eine einzige Beobachtung irgend eines Sterns hinlänglich, um die Stelle zu bestimmen, wo die Sonne sich um diese Zeit befinden muß, woraus wir die Stunde schließen können, die die Uhr, wenn sie richtig gestellt ist, anzeigen müßte. Also, in dem nemlichen Augenblicke, da wir die Beobachtung des Mondes werden gemacht haben, sind wir im Stande auch unsre Taschenuhr durch die Sterne zu stellen, und während einer so kleinen Zwischenzeit läßt sich von einer jeden Uhr annehmen, sie gehe richtig.

den 29sten September 1761.

Hundert und acht und sechzigster Brief.

Unter den verschiedenen Methoden, die Länge zu finden, scheint die letztere auf die Beobachtungen des Mondes gegründete den Vorzug zu verdienen, weil die andern entweder allzuvielen Schwierigkeiten unterworfen sind, oder weil die Gelegenheit, sich ihrer zu bedienen, sich allzuselten anbietet. Nun werden Ew. Hoheit leicht begreifen, daß der glückliche Erfolg dieser Methode einzig von dem Grade der Genauigkeit abhängt, den man bey diesem Verfahren erreicht, und daß die Fehler, die man dabey begeht, zu unsichern Schlußfolgen leiten. Es wird also sehr wichtig seyn, Ew. Hoheit zu erklären, welchen Grad von Genauigkeit man zu erreichen hoffen kann, wenn man diese Methode gebraucht; und da dieselbe auf die beträchtliche

Verän-

Veränderung gegründet ist, die der Mond von einem Tage zum andern in seiner Stelle leidet, so können wir daraus schließen, daß, wenn die Bewegung des Mondes noch schneller wäre, sie noch tüchtiger seyn würde, uns die Länge zu entdecken, und uns einen höhern Grad von Genauigkeit verschaffen könnte. Aber wenn im Gegentheil diese Bewegung um vieles langsamer wäre, so daß wir die Veränderung von einem Tage zum andern kaum unterscheiden könnten, so sieht man leicht, daß wir auch keine Hülfe zur Erfindung der Länge daher würden erhalten können.

Wir wollen demnach annehmen, der Mond ändre seine Stelle unter den Fixsternen innerhalb 24 Stunden um einen Raum von 12 Graden; weil wirklich seine Aenderung mehrentheils noch beträchtlicher ist. Er wird also innerhalb zwey Stunden um einen Grad ändern, und in einer Stunde um einen halben Grad, oder um 30 Minuten; folglich, wenn wir uns in der Beobachtung einer Stelle des Mondes um 30 Minuten irrten, so würde es eben so viel seyn, als ob wir den Mond um eine Stunde früher oder später beobachtet hätten, und wir würden in dem Schlusse auf den Unterschied der Mittagszirkel einen Irrthum von einer Stunde begehen. Nun entspricht eine Stunde Verschiedenheit in den Mittagszirkeln 15 Graden in der Länge der Mittagszirkel, und folglich würden wir uns selbst in der Länge des Ortes, den wir suchen, um 15 Grad irren; welches unstreitig ein so übermäßiger Irrthum seyn würde, daß es beynahe eben so gut wäre, gar nichts zu wissen; und die bloße Schätzung der Reise, das ist, des Weges und der Richtung, so ungewiß sie seyn mag, würde uns nie in einen so groben Irrthum führen. Aber man müßte auch sehr ungeschickt seyn, wenn man sich in der Stelle des Mondes um 30 Minuten irren sollte, und die Instrumente, deren man sich bedient, müßten äußerst grob seyn, welches sich nicht vermuthen läßt.

Unterdessen so vortrefflich die Instrumente seyn mögen, und so groß die Sorgfalt seyn mag, die man dabey anwendet, so ist es dennoch unmöglich, allen Irrthum zu vermeiden; und man muß recht sehr geschickt seyn, wenn man sich in der Bestimmung der Stelle des Mondes nicht um eine Minute irren soll. Da nun die Stelle des Mondes in einer Stunde oder in 60 Minuten Zeit um 30 Minuten verändert wird, so wird sie in zwey Minuten Zeit um eine Minute sich ändern; folglich wenn man sich in der Stelle des Mondes auch nur um eine Minute irrt, so wird daraus in dem Unterschied der Mittagszirkel ein Irrthum von zwey Minuten Zeit entstehen. Da nun eine Stunde oder 60 Minuten 15 Graden in der Länge entsprechen: so wird hieraus ein Irrthum von einem halben Grad in der Länge entstehen, und dieser Grad von Genauigkeit würde wohl hinlänglich seyn, wenn wir ihn nur erreichen könnten.

Bis hieher habe ich unsre Kenntniß der Bewegung des Mondes für so vollkommen angenommen, daß wir für einen bekannten Meridian den wahren Stand des Mondes für jeden Augenblick, ohne einigen Irrthum, bestimmen können; allein, von diesem Punkte der Vollkommenheit sind wir annoch sehr weit entfernt. Es sind noch keine zwanzig Jahre, daß man sich in dieser Berechnung um sechs Minuten ,und darüber geirrt hat, und nur erst seitdem hat es der geschickte Professor Mayer in Göttingen, durch Befolgung des von mir vorgeschlagenen Weges dahin gebracht, diesen Irrthum mehrentheils bis unter eine Minute zu verringern. Es könnte sich also wohl zutragen, daß wir uns von Seite der Rechnung auch um eine Minute irrten, welche, wenn dazu der in der Beobachtung des Standes des Mondes begangene Irrthum kömmt, den Irrthum verdoppeln wird, der daher auf die Länge des Ortes, wo wir uns befinden, zurückfallen muß, und folglich könnte dieser Irrthum wohl bis auf einen ganzen

Grad

Grad steigen. Dienlich ist es noch anzumerken, daß, wenn der Mond in 24 Stunden einen größern Raum durchlaufen würde, als den von 1/2 Graden, der Irrthum in der Länge noch minder beträchtlich seyn wird.

Vielleicht findet man dereinst Mittel, die Irrthümer, denen wir sowol beym Beobachten als beym Berechnen unterworfen sind, noch mehr zu verringern, und alsdann würde uns diese Methode die Länge bis auf weniger als einen Grad entdecken. Aber auch ohne diese Vollkommenheit darf man hoffen, zu einem höhern Grad von Genauigkeit zu gelangen. Man braucht nur mehrere dergleichen Beobachtungen anzustellen; und das ist möglich, wenn man mehrere Tage an einem Orte bleibt: alsdann darf man wenigstens nicht befürchten, daß alle Folgerungen so sehr mangelhaft seyn werden, wenn gleich einige die gesuchte Länge allzugroß, andere allzuklein angeben; denn wenn man unter allen Bestimmungen das Mittel annimmt, so wird man sicher seyn können, daß diese also gefundene Länge um viel minder als um einen Grad von der Wahrheit abgehen wird.

Nun haben die Engländer, die durch ihre Freygebigkeit zu dieser Entdeckung haben aufmuntern wollen, einen dreyfachen Preis darauf gesetzt, den einen von 10000, den andern von 15000, und den dritten von 20000 Pfund Sterling. Der erste ist demjenigen bestimmt, der die Länge bis auf einen Grad finden kann, so daß man versichert seyn könne, der Irrthum werde nicht über einen Grad steigen. Der zweyte Preis ist demjenigen zugedacht, der dieser Aufgabe noch genauer Genüge leistet, so daß der Irrthum, den man zu befürchten hätte, niemals zwey Drittel von einem Grad oder 40 Minuten übersteige. Endlich der dritte wird demjenigen gegeben werden, der im Stande seyn wird, die Länge so genau zu bestimmen, daß der Irrthum niemals über einen halben Grad oder 30 Minuten beträgt: einen höhern Grad der Genauigkeit fordert

man

man nicht. Alle diese Preise sind noch ganz und unausgetheilt, den Antheil ausgenommen, der einem Uhrmacher ausgeliefert worden, der vollkommene Uhren verfertiget haben wollte. Herr Mayer macht gegenwärtig Anspruch auf den höchsten Preis, und meiner Meynung nach mit Recht.

den 3ten October 1761.

Mayer erlebte das Vergnügen nicht, seine großen und mühsamen Arbeiten belohnt zu sehen. Seine Wittwe und Kinder erhielten von der englischen Admiralität 3000 Pf. für die vortrefflichen Mondstafeln des Verstorbenen, aus welchen die Stelle des Mondes mit großer Genauigkeit berechnet werden kann. Herr Euler, der durch seine theoretischen Untersuchungen über den sehr verwickelten Lauf des Mondes aus den Grundsätzen der Bewegung Mayern den Weg gebahnt hatte, worauf dieser mit Zuziehung seiner Beobachtungen fortgieng, bekam nur 500 Pfund. Seit dieser Zeit ist die Theorie der Bewegung des Mondes durch die unabläßigen Bemühungen des Herrn Eulers noch ungemein ins Licht gesetzt; auch hat man Mittel gefunden, die sehr weitläuftigen Berechnungen, die bey dieser Methode, welche den Mond zum Wegweiser nimmt, nöthig waren, so in die Kürze zu ziehen, daß ein mäßiger Rechner sie in einer Viertelstunde vollenden kann, da sonst der geübteste nicht unter drey bis vier Stunden damit fertig werden konnte. Ein neuer englischer Astronom, Wales, der die letzte Reise nach den Südländern gemacht hat, behauptet, man könne durch Hülfe des Mondes die Länge innerhalb eines Sechstheils oder höchstens eines Fünftheils eines Grades finden.

Hundert und neun und sechzigster Brief.

Ew. Hoheit werden nunmehr über das, was die Erfindung der Länge betrifft, hinlänglich unterrichtet seyn; ich habe die Ehre gehabt, Denselben verschiedene Wege vorzulegen, die zu ihrer Bestimmung führen können.

Der erste und der natürlichste ist, den Weg und die Richtung der Reise sorgfältig zu beobachten; allein, sowohl die Stürme, denen man zur See öfters ausgesetzt ist, als die Seeströme, machen die Methode unbrauchbar.

Der zweyte erheischt die Verfertigung einer so vollkommenen Uhr, die, ungeachtet der Erschütterungen, die sie auf der Reise auszustehen hat, immer gleichförmig gehe; allein, es ist den Künstlern noch nicht gelungen, ein solches Werk zu Stande zu bringen.

Der dritte gründet sich auf die Beobachtung der Mondfinsternisse: und einen bessern kann man nicht verlangen; der einzige Fehler ist, daß diese Gelegenheit sich allzuselten anbietet, und daß man sich ihrer nicht bedienen kann, wenn man ihrer am meisten vonnöthen hat.

Der vierte betrifft die Finsternisse der Jupiterstrabanten, die unstreitig zu dieser Absicht sehr tüchtig seyn würden, wenn man nur Mittel ausfinden könnte, sich zur See der Fernröhre zu bedienen, ohne welche diese Trabanten nicht können gesehen werden.

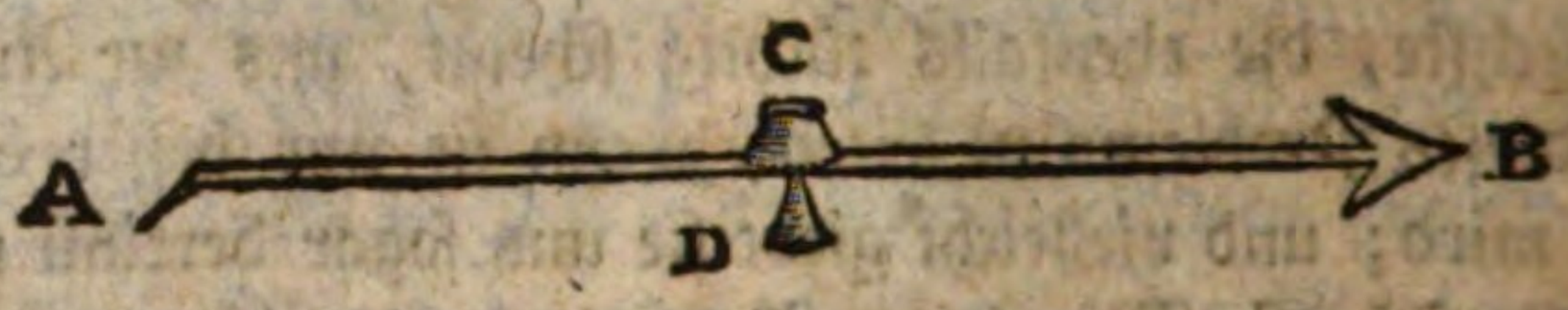
Endlich den fünften haben uns die Beobachtungen des Mondes selbst an die Hand gegeben; er scheint der brauchbarste zu seyn, wenn man nur im Stande wäre, den Stand des Mondes am Himmel so genau zu beobachten, daß die Irrthümer, die dabey unvermeidlich sind, nie eine Minute übersteigen, damit man versichert sey, daß man sich in Bestimmung der Länge um mehr nicht als einen Grad irre.

Und eben auf diese fünf Methoden haben diejenigen, die bis dahin über diese Frage gearbeitet haben, ihre Untersuchungen vornemlich gerichtet; allein es giebt noch eine sechste, die ebenfalls tüchtig scheint, uns zur Auflösung dieses Problems zu leiten, wenn sie nur besser bearbeitet wird; und vielleicht giebt sie uns sogar dereinst noch das allersicherste Mittel zur Ausfindung der Länge an die Hand, ob wir gleich gegenwärtig noch sehr weit zurücke sind.

Diese Methode giebt nicht der Himmel her, sondern alles dazu ist auf der Erde befindlich; denn sie gründet sich auf die Natur des Magnets und des Kompasses. Die Erklärung derselben öffnet mir also eine neue Bahn, Ew. Hoheit über den wichtigen Artikel der Physik zu unterhalten, der die magnetische Kraft betrifft; und ich hoffe, Dieselben werden die Erläuterungen, die ich hierüber vorzutragen die Ehre habe, mit Dero Aufmerksamkeit gerne beehren.

Fürs erste werde ich meine Betrachtungen auf den Gegenstand einschränken, von dem hier die Rede ist, nemlich auf die Ausfindung der Länge; und zu dem Ende ist es hinlänglich, wenn ich überhaupt anmerke, daß der Magnet ein Stein ist, der die Eigenschaft besitzt, das Eisen anzuziehen, und sich nach einer gewissen Richtung zu stellen, und daß er die nemliche Eigenschaft dem Eisen und dem Stahle mittheilt, wenn man sie nur mit dem Magnetsteine reibt oder streicht; denn ich bin gesonnen, diese Eigenschaft in der Folge gründlicher zu untersuchen und ihre Natur zu erklären.

Ich werde demnach bey der Beschreibung der Magnetnadel anfangen, die, wenn sie auf eine gewisse Art zum Gebrauche der Schifffahrt aufgestellet ist, ein Seekompaß genennet wird.



Zu diesem Ende läßt man sich aus gutem Stahl eine Nadel, ohngefähr von beygefügter Figur, verfertigen, deren eines Ende B spitzig ist, damit man es von dem andern A leichter unterscheide; in der Mitte ist sie mit einem Hütchen versehen, das von unten hohl ist, damit man die Nadel auf einen spitzigen Stift D legen könne, wie man in der zweyten Figur sehen kann.

Wir wollen annehmen, die beyden Theile seyn dergestalt zugepaßt, daß sie sich völlig das Gleichgewicht halten, und daß die Nadel sich auf dem Stifte frey drehen könne, so daß sie, in welche Lage man sie bringt, ruhig oder im Gleichgewicht darinn verbleibe. Ehe man diese Nadel magnetisch macht, ist es dienlich, sie abzulöschen, um sie so hart zu machen, als möglich ist. Nachgehends reibe oder streiche man sie mit einem sehr guten Magnetstein, und sogleich wird sie magnetisch seyn. Die beyden Enden werden sich das Gleichgewicht nicht mehr halten, sondern das eine B wird sich niedersenken, gleich als ob es schwerer geworden wäre, so daß man, um sie wieder ins Gleichgewicht zu setzen, entweder etwas von dem Ende B wegnehmen, oder dem Ende A ein Gewichtchen zulegen müßte; da nun die Künstler diese durch die magnetische Kraft verursachte Veränderung vorausseyen, so machen sie gleich Anfangs das Ende B leichter als das andre A, damit die Nadel, nachdem sie mit dem Magnet gestrichen worden, von selbst die horizontale Lage annehme.

Diese Nadel erlangt alsdann noch eine weit merkwürdigere Eigenschaft; sie ist nicht mehr, wie vorher, gegen alle

Lagen

Lagen gleichgültig, sondern sie liebt eine vorzüglich vor allen andern, und legt sich von selbst so, daß das Ende B beynahe gegen Norden, und das andre Ende A gegen Süden gerichtet ist; oder auch die Richtung der Magnetnadel kömmt ohngefähr mit der Mittagslinie überein.

Ew. Hoheit erinnern sich, daß man, um die Mittagslinie zu ziehen, die uns Norden und Süden anzeigt, astronomische Beobachtungen zu Hülfe nehmen muß, weil der Lauf der Sonne und der Sterne diese Richtung bestimmt; so daß man, wenn es an den nöthigen Instrumenten fehlt, und vornemlich wenn der Himmel bedeckt ist, zur Ziehung der Mittagslinie keine Hülfe vom Himmel bekommen kann. Daher ist diese Eigenschaft der Magnetnadel um so viel bewundernswürdiger, da sie uns zu allen Zeiten und an allen Orten die Richtung gegen Norden zeigt, von welcher die andern gegen Osten, Süden und Westen abhangen; und aus diesem Grunde ist der Gebrauch der Magnetnadel oder des Kompasses allgemein geworden, weil es in vielen Fällen schlechterdings nothwendig ist, diese vornehmsten Weltgegenden zu kennen.

Vornemlich aber in der Schifffahrt verschafft der Kompaß die größten Vortheile, weil der Lauf des Schiffes, wenn man an den vorgesetzten Ort kommen soll, immer nach einer gewissen Weltgegend, den Land- oder Seecharten zufolge, gerichtet seyn muß, welche uns die Richtung des Laufes, den wir nehmen müssen, anzeigen. Darum ist man vor der Entdeckung des Kompasses nicht im Stande gewesen, große Seereisen zu unternehmen; kaum durfte man sich von den Küsten entfernen, und sobald man sie aus dem Gesichte verlor, war man in Gefahr, sich auf dem Meere zu verirren, zumal wenn der Himmel nicht helle war, und die Sterne die Weltgegenden nicht zeigten.

Ein Schiff in offener See, ohne Kenntniß der Gegenden der Welt, befindet sich genau in dem Zustand eines Menschen, der mit verbundenen Augen gegen die Domkirche in Magdeburg gehen sollte; ein solcher Mensch, wenn er glaubte, nach einer gewissen Gegend zu gehen, würde nach einer ganz andern gehen. Es ist demnach der Kompaß der vornehmste Wegweiser bey der Schifffahrt; und nur erst nach dieser wichtigen Entdeckung hat man sich auf das große Weltmeer gewagt, und die neue Welt entdeckt: und wirklich, was wollte ein Steuermann während oder nach einem Sturme, wenn er sich durch Beobachtungen am Himmel nicht helfen kann, ohne Kompaß anfangen? Er nehme, welchen Lauf er wolle, so wird er nicht wissen, ob er gegen Norden, oder gegen Süden, oder gegen eine andere Gegend der Welt segele; er würde sich in kurzer Zeit so sehr verirren, daß er seinen Untergang nicht vermeiden könnte. Aber der Kompaß zeigt ihm die Weltgegenden, setzt ihn damit aus einer großen Verlegenheit, und lässet ihn sich nicht verirren. Daraus können Ew. Hoheit leicht beurtheilen, wie wichtig die Entdeckung der Magnetnadel oder des Kompasses sey.

den 6ten October 1761.

Hundert und siebenzigster Brief.

Obgleich eine Magnetnadel eine gewisse von Süden gegen Norden gerichtete Lage vorzüglich sucht, so giebt es doch zufällige Ursachen, die im Stande sind, sie darinn zu stören, denen man folglich auszuweichen sehr sorgfältig trachten muß. Irgend ein nahe liegender Magnet, oder Eisen und Stahl, bringt die Nadel aus ihrer Richtung. Ew. Hoheit dürfen einer Magnetnadel nur ein Messer entgegenhalten, so wird sie ihre natürliche Lage sogleich verlassen, und sich gegen das Messer wenden; und wenn man das Messer rund um die Nadel her gehen läßt, so kann

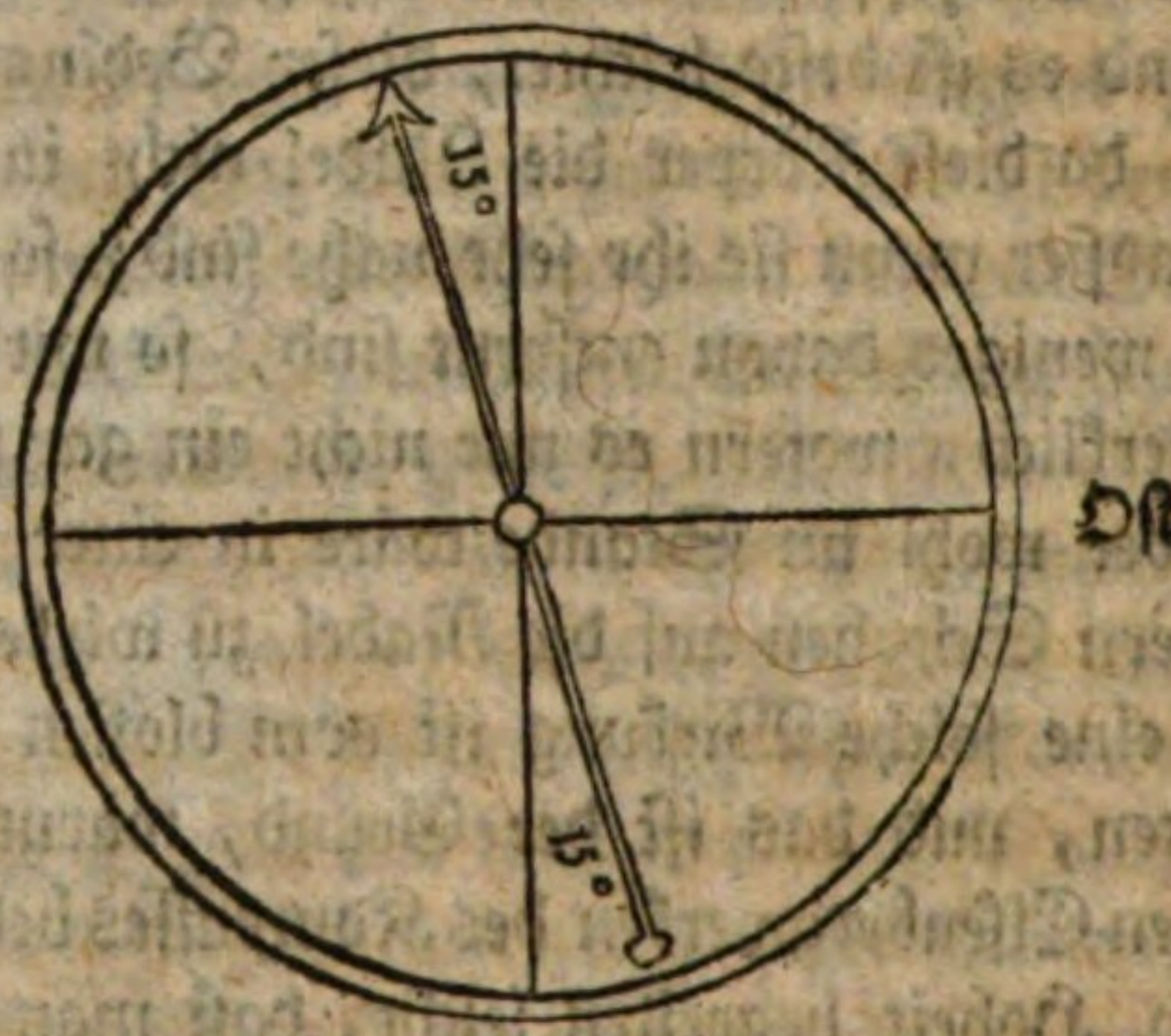
man

man machen, daß sie alle mögliche Stellungen annimmt. Aus diesem Grunde, wenn man gewiß seyn will, daß die Nadel in ihrer natürlichen Richtung liegt, muß man alles Eisen oder Stahl sowol als die Magnetsteine davon entfernen; und es ist desto leichter, dieser Bedingung Genüge zu leisten, da diese Körper die Nadel nicht in Unordnung bringen, außer wenn sie ihr sehr nahe sind; so bald sie nur um etwas weniges davon entfernt sind, so wird ihre Wirkung unmerklich, wofern es nur nicht ein gar starker Magnet ist, der wohl im Stande wäre in einer Entfernung von mehrern Schuhen auf die Nadel zu wirken.

Aber eine solche Wirkung ist vom bloßen Eisen nicht zu befürchten, und das ist der Grund, warum man sich sogar in den Eisenbergwerken des Kompasses bedienen kann. Denn Ew. Hoheit begreifen leicht, daß man sich in den Bergwerken unter der Erde in demselben Falle befindet, wie auf dem Meere, wenn der Himmel bedeckt ist, und daß man in ihnen gleichfalls genöthigt ist, sich nach den Weltgegenden zu richten, wenn man die Gruben nach einer gewissen Richtung fortsetzen will. Man nimmt auch Grundrisse auf, die die Richtung von allen Wendungen und Gängen vorstellen, die man unter der Erde ausgegraben hat, und bey dieser Arbeit richtet man sich einzig nach dem Kompasse; dieß ist der Gegenstand derjenigen Wissenschaft, die man die unterirdische Meßkunst oder die Markscheidekunst nennet.

Aber wieder auf unsern Kompaß oder auf die Magnetnadel zu kommen, so habe ich gleich zu Anfang angemerkt, daß sie sich nicht völlig, sondern nur beynahe gegen Norden richte. Wirklich ist es uneigentlich geredt, wenn man gemeiniglich sagt, der Magnet habe die Eigenschaft, sich gegen Norden zu richten. Nach vielen Magnetnadeln, die ich selbst verfertiget, habe ich immer gefunden, daß hier in Berlin ihre Richtung ohngefähr um 15 Grad von der wahren Mittagslinie abweicht;

eine Abweichung von funfzehn Graden ist aber schon sehr beträchtlich.



Die beygefügte Figur stellet erstlich die wahre Mittagslinie von Norden nach Süden gezogen vor, und hernach die auf sie senkrechte Linie, die zur Rechten Osten und zur linken Westen zeigt. Nun ist die Magnetnadel A B nicht nach der Mittagslinie gerichtet, sondern sie weicht um den Winkel B o Nord, welcher 15° ausmacht, von derselben ab; diesen Winkel nennt man die **Abweichung**, und zuweilen auch die **Variation** des Kompasses oder der Magnetnadel; und weil das Ende B, das Norden am nächsten ist, und das man immer das nordliche Ende, den Nordpol, nennt, gegen Westen davon abweicht, so sagt man, die Abweichung sey 15° westlich.

Hat man nun einmal die Abweichung der Magnetnadel bestimmt, so kann man sich ihrer so gut bedienen, als wenn sie genau nach Norden zeigte. Gemeiniglich umgiebt man die Nadel mit einem Reif, und alsdann darf man nur Norden in der gehörigen Entfernung von dem nordlichen Ende der Nadel B anzeigen, so daß sie

um

um 15° westwärts davon abweicht, so wird uns die Linie Nord-Süd die wahre Mittagslinie mit den vier Hauptgegenden der Welt, Nord, Ost, Süd, West anzeigen.

Um das Geheimniß besser zu verstecken, verbirgt man die Magnetnadel in eine Scheibe von Pappe, wie die Figur es zeigt, außer daß die Nadel nicht mehr zu sehen ist, so daß die Pappe mit ihr nur einen Körper ausmacht, den man im Mittelpunkte auf einen Stift legt, damit die Scheibe sich mit der Nadel frey herum drehen könne; und alsdann wird die Scheibe immer diese Lage nehmen, daß der mit Nord bezeichnete Punkt gerade gegen Norden gerichtet sey, indeß daß das nordliche Ende der Nadel, die man nicht sieht, wirklich um einen Winkel von 15° westwärts davon abweicht. Diese Einrichtung dient nur dazu, die Abweichung zu verbergen, die der Unwissende für einen Fehler ansieht, ob sie gleich vielmehr ein würdiger Gegenstand unserer Bewunderung ist, wie wir bald sehen werden, und die Pappe, die das Gewicht der Nadel nur vermehrt, hindert, daß sie nicht mehr so frey sich herumdrehen kann, als wenn sie leichter wäre.

Diesem Umstande abzuhelfen, und sich des Kompasses besser zu bedienen, legt man die Nadel in eine runde Büchse, deren Umkreis in 360° eingetheilt, und überdieß mit den Namen der Hauptgegenden der Welt bezeichnet ist. In dem Mittelpunkte befindet sich das Zäpfchen, das die Nadel trägt; und da dieselbe eine gewisse Richtung vorzüglich suchet, so dreht man die Büchse, bis das nordliche Ende der Nadel B auf den richtigen Punkt des Umkreises weiset, das ist, auf den funfzehnten Grad, von Norden an gegen Westen gezählt; und alsdenn werden die auf dem Umkreise gezeichneten Namen mit den wahren Gegenden der Welt übereinkommen.

Aber zur See hat man dennoch in pappene Scheiben eingefaßte Nadeln, woran nicht der Umkreis der Büchse, sondern die Scheibe selbst, in 360 Grade eingetheilt ist,

damit man nicht nöthig habe, die Büchse zu drehen. Da alsdenn die Scheibe von Pappe, die man den Kompaß nennt, die wahren Weltgegenden anzeigt: so darf man nur den Weg, den das Schiff nimmt, damit vergleichen, um zu wissen, nach welcher Gegend das Schiff läuft, ob nach Norden, Süden, Osten, Westen, oder nach irgend einer Zwischengegend. Nach dem Kompasse beurtheilet man ebenfalls die Winde, oder die Gegend, woher sie blasen; denn eben daher giebt man ihnen die Namen. Unterdessen muß man von der Abweichung oder Variation des Kompasses wohl versichert seyn; wir haben sie zwar hier um 15° westwärts gefunden, aber an andern Oertern der Erde könnte sie anders seyn, wie ich die Ehre haben werde, im Verfolge zu zeigen.

den 10ten October 1761.

Hundert und ein und siebenzigster Brief.

Wenn ich gesagt habe, die Abweichung des Kompasses sey 15° gegen Westen, so versteht sich dieses nur von Berlin und für die gegenwärtige Zeit; denn man hat beobachtet, daß diese Abweichung nicht allein an den verschiedenen Oertern der Erde verschieden ist, sondern daß sie auch mit der Zeit an denselben Oertern sich ändert.

So ist die magnetische Abweichung zu Berlin heut zu Tage viel größer als ehemals; ich erinnere mich noch gar wohl, daß sie nur 10° gewesen; und in dem vergangenen Jahrhunderte ist eine Zeit gewesen, da sie ganz verschwand, so daß die Lage der Magnetnadel damals genau mit der Mittagslinie übereintraf. Dieses trug sich um das Jahr 1670 zu, und seit dieser Zeit hat die Abweichung nach und nach immer mehr gegen Westen zugenommen, bis auf 15°, wie sie heutiges Tages ist; nun hat es den Anschein, als ob sie wiederum abnehmen werde, bis sie zum

andernmal wieder verschwindet. Indessen ist dieses weiter nichts als eine Muthmaßung, und wir sind noch weit entfernt, hierüber etwas sicheres vorhersagen zu können.

Sonst wissen wir gewiß, daß vor der Epoche von 1670 die Abweichung gegen Osten gerichtet gewesen; und je weiter wir über diesen Zeitpunkt hinaufsteigen, je größer finden wir die Abweichung gegen Osten. Wir können aber nicht höher hinaufsteigen als bis auf die Zeit, da die Magnetnadel ist entdeckt worden, welche in das vierzehnte Jahrhundert fällt; und selbst hier in Berlin hat man erst lange, nachdem diese Entdeckung bekannt worden war, angefangen, ihre Abweichung zu beobachten, weil man anfänglich nicht gleich wahrgenommen hatte, daß sie abwiche.

Aber in London, wo man über diesen Punkt aufmerksamer gewesen ist, hat man die Abweichung der Magnetnadel im Jahre 1580 11°. 15′, ostlich bemerkt. Im Jahr 1622 6°. 0′, ostlich. Im Jahr 1634 4°. 15′, ostlich. Im Jahr 1657 war gar keine Abweichung; aber 1672 war sie 2°. 30′, westlich. Im Jahr 1692, 6°. 0′, westlich, und heut zu Tage möchte sie wohl 18 Grad und noch mehr westlich betragen. Ew. Hoheit sehen hieraus, daß sie zu Anfang des verflossenen Jahrhunderts ohngefähr 8° ostlich gewesen; daß sie von da an nach und nach abgenommen, bis sie im Jahr 1657 unmerklich ward, und daß sie nach dieser Zeit westlich geworden, und bis auf den heutigen Tag gegen Westen zugenommen hat.

In Paris hat sie beynahe dieselbe Ordnung beobachtet, nur daß im Jahr 1666, also 9 Jahr später als in London, gar keine war; woraus Ew. Hoheit sehen, wie sehr wunderbar die Abweichung sich verändert, sowohl in Absicht auf die verschiedenen Oerter der Erde in der gleichen Zeit, als in Absicht auf den nemlichen Ort für verschiedene Zeiten.

Heut zu Tage ist die Abweichung nicht nur in ganz Europa, sondern auch in ganz Afrika und in dem größten Theile von Asien, westlich, aber an einigen Oertern größer, an andern kleiner als bey uns. Es giebt Gegenden in Europa, wo sie größer ist als bey uns, in Schottland nemlich und in Norwegen, wo die Abweichung wohl über 20° seyn mag; in Spanien hingegen, in Italien und in Griechenland ist sie geringer, und ohngefähr 12°; auf den westlichen Küsten von Afrika ist sie ohngefähr 10°, und auf den östlichen 12°. Aber weiter hin in Asien gegen Osten nimmt sie nach und nach ab, und verschwindet sogar mitten in Siberien in Jeniseisk; sie verschwindet ebenfalls in China zu Pekin, desgleichen in Japan; aber jenseits diesen Gegenden, weiter gegen Osten, wird die Abweichung östlich, und nimmt nach dieser Seite hin durch den nordlichen Theil des stillen Meers bis zu den westlichen Küsten von Amerika immer zu; von da an nimmt sie wiederum ab, bis sie in Canada, in Florida, auf den antillischen Inseln und weiterhin nach den Küsten von Brasilien zu abermals verschwindet. Jenseits dieser Gegenden, weiter gegen Osten, das ist, gegen Europa und Afrika, wird sie wieder westlich, wie ich bereits angemerkt habe.

Um nun eine vollkommene Kenntniß des gegenwärtigen Zustandes der magnetischen Abweichung zu haben, müßte man im Stande seyn, für alle Oerter, sowohl zu Lande als zur See, zu bemerken, wie groß gegenwärtig die magnetische Abweichung ist, und ob sie gegen Westen oder gegen Osten hin liegt. Dieses zu wissen, würde von großer Wichtigkeit seyn; aber man darf sich dazu gar keine Hoffnung machen. Es müßten gegenwärtig allenthalben geschickte Männer seyn, die, jeder an seinem Orte, die magnetische Abweichung beobachteten, und uns ihre Beobachtungen mit Zuverläßigkeit mittheilten; unterdessen würden wir doch noch wenigstens einige Jahre warten müs-

müssen, ehe wir die entferntern Beobachtungen erhalten könnten; folglich würden wir zu dieser Kenntniß erst nach einigen Jahren gelangen. Ob nun gleich in zwey oder drey Jahren die Abweichung der Magnetnadel sich nicht beträchtlich ändert, so würde diese Abänderung, so klein sie auch seyn mag, doch immer Ursache seyn, daß die Kenntniß aller dieser in den verschiedenen Gegenden der Erde gemachten Beobachtungen, uns über den gegenwärtigen Zustand der verschiedenen Abweichungen der Magnetnadel kein vollkommnes Licht geben würde.

Eine ähnliche Bewandtniß hat es mit den vergangenen Zeiten; und jedes Jahr hat einen gewissen Stand der magnetischen Abweichung, der ihm eigen ist, und es von allen andern sowohl vergangenen als künftigen Zeiten unterscheidet. Unterdessen wäre sehr zu wünschen, daß wir ein solches recht umständliches Verzeichniß nur für ein einziges Jahr hätten; wir würden nicht ermangeln, sehr wichtige Aufklärungen daraus zu ziehen.

Der verstorbene Halley, ein sehr berühmter engländischer Astronom, hat sich Mühe gegeben, uns einen solchen Stand der magnetischen Abweichung für das Jahr 1700 zu geben, welcher auf eine große Anzahl an verschiedenen Oertern, sowohl zu Lande als auf dem Meer, gemachter Beobachtungen gegründet ist; allein außer dem, daß beträchtliche Gegenden, wo dergleichen Beobachtungen nicht sind angestellt worden, in demselben ausfallen, war der größte Theil derjenigen, die er gebraucht hat, viele Jahre vor diesem Zeitpunkt von 1700 schon gemacht, so daß bis dahin die Abweichung ziemlich beträchtliche Veränderungen erlitten haben mag. Daraus folgt, daß dieser Stand, den man auf einer Generalcharte des Erdbodens vorgestellt findet, nicht anders als für sehr mangelhaft angesehen werden kann; doch was würde es uns auch nützen, itzt den Zustand der magnetischen Abweichung vom

Jahr

Jahr 1700 zu wissen, der seitdem so sehr beträchtlich sich verändert hat?

Andre engländische Erdbeschreiber haben nachher wohl eine ähnliche Charte geliefert, worauf alle Abweichungen, so wie sie im Jahr 1744 gewesen, vorgestellt seyn sollten. Allein außer dem, daß ihre Charte die nemlichen Mängel hat, wie Halleys seine, und daß die Beobachtungen ihnen noch für viele Gegenden fehlten, haben sie kein Bedenken getragen, diese leere Stellen aus Halleys Charte auszufüllen, die sicher im Jahr 1744 nicht mehr brauchbar war. Ew. Hoheit sehen hieraus, daß unsre Kenntniß von diesem wichtigen Theile der Physik annoch äußerst unvollkommen ist.

den 13ten October 1761.

Hundert und zwey und siebenzigster Brief.

Es wird dienlich seyn, auch zu erklären, wie Halley es angegriffen, um in der Charte, die er für das Jahr 1700 verfertigt hat, die magnetischen Abweichungen vorzustellen, damit, wenn Ew. Hoheit eine solche Charte sehen, Dieselben die Einrichtung davon begreifen.

Zuerst hat er bey jedem Orte die daselbst beobachtete Abweichung der Magnetnadel angemerkt; unter diesen Oertern allen hat er diejenigen ausgezeichnet, wo gar keine Abweichung war, und gesehen, daß alle diese Oerter in eine gewisse Linie fielen, die er die Linie von keiner Abweichung nennt, weil allenthalben unter derselben keine Abweichung damals war. Diese Linie war weder ein Mittags- noch ein Parallelkreis, sondern sie durchlief in sehr schiefen Wendungen das mitternächtliche Amerika, und kam nächst den Küsten von Carolina aus demselben hervor; von da bog sie sich durch das atlantische Meer zwischen Afrika und Amerika. Außer dieser Linie entdeckte er noch eine andere, wo die Abweichung ebenfalls verschwand;

schwand; diese gieng durch die Mitte von China herunter, und von da durch die philippinischen Inseln und durch Neuholland. Man kann aus dem Laufe dieser beyden Linien leicht schließen, daß sie nahe bey dem einen und dem andern Pole der Erde zusammenlaufen müssen.

Nachdem Halley diese zwey Linien von keiner Abweichung festgesetzt hatte, bemerkte er, daß allenthalben zwischen der ersten und letzten, wie man von Westen nach Osten geht, das ist, durch ganz Europa, Afrika und beynahe ganz Asien, die Abweichung westlich; und auf der andern Seite, jenseits dieser beyden Linien, das ist, in dem ganzen mittägigen Amerika und durch das ganze stille Meer, die Abweichung östlich war. Nunmehr, nachdem diese beyden Linien als die vornehmsten gezogen waren, suchte er alle diejenigen Oerter aus, wo die Abweichung 5 Grad westlich war; woraus er sah, daß er durch alle diese Oerter abermal füglich eine Linie ziehen könnte, die er die westliche Linie von fünf Graden nennt: er fand gleichfalls zwey Linien von dieser Art, deren die eine der ersten von den Linien ohne Abweichung, und die andere der letztern gleichsam zur Seite gieng. Auf gleiche Weise verfuhr er mit den Oertern, wo die Abweichung 10°, ferner 15°, 20°, u. s. f. war, und er sah, daß die Linien dieser großen Abweichungen auf die Gegenden um die Pole eingeschränkt wären, indeß daß die von den kleinen Abweichungen sich über die ganze Erde erstreckten, und den Aequator durchschnitten.

In der That wird die Abweichung unter dem Aequator kaum 15°, sowohl gegen Westen als gegen Osten, übersteigen; aber nahe bey den Polen kann man an Oerter kommen, wo die Abweichung 50° und 60° übersteigt; es sind ohne Zweifel auch solche Oerter zu finden, wo die Abweichung noch größer ist, und sogar 90° und noch mehr übersteigt, wo folglich das nordliche Ende der Nadel sich gegen Süden dreht.

End-

Endlich nachdem Halley auch dergleichen Linien durch diejenigen Oerter gezogen hatte, wo die Abweichung 5°, 10°, 15° u. s. w. östlich war, füllte er auf diese Weise die ganze Charte, die die ganze Oberfläche der Erde vorstellt, mit dergleichen Linien aus, unter deren jeder die Abweichung allenthalben die nemliche ist, wenn nur die Beobachtungen nicht fehlen. Auch ist Halley so gewissenhaft gewesen, daß er diese Linien nicht über die Oerter hinausgezogen hat, von denen ihm die Beobachtungen mangelten; dieß ist der Grund, warum der größte Theil seiner Charte von dergleichen Linien leer ist.

Hätte man aber eine solche richtige und vollständige Charte, so würde man mit einem Blicke sehen, was für eine Abweichung an jedem Orte zu der Zeit geherrschet hätte, für welche die Charte ist verfertiget worden; denn wenn gleich der gegebene Ort sich nicht genau unter einer von den bezeichneten Linien befände, so würde man doch die mittlere Abweichung, die ihm zukommen würde, leicht schätzen können, wenn man ihn mit den beyden Linien, zwischen welchen er liegt, vergliche. Also, wenn ich mich zwischen den Linien von 10° und von 15° der westlichen Abweichung befände, so wäre ich sicher, daß die Abweichung daselbst größer als 10°, und geringer als 15° seyn müßte, und je nachdem ich dem einen oder dem andern näher wäre, würde ich leicht das richtige Mittel finden, das mir die wahre Abweichung anzeigte.

Ew. Hoheit werden hieraus ohne Schwierigkeit erkennen, daß, wenn man eine solche genaue Charte hätte, sie uns zur Entdeckung der Länge wenigstens für die Zeit dienen würde, für welche sie gelte. Wir wollen, um diese Methode zu erklären, annehmen, wir hätten eine solche für dieses Jahr verfertigte Charte, worauf wir erstlich die beyden Linien gezogen sehen würden, wo keine Abweichung, weiter auch die beyden Linien, wo die Abweichung von 5°, von 10°, von 15°, von 20°, sowohl westlich als

östlich

östlich wäre; wir wollen sogar annehmen, diese Linien wären, um größerer Genauheit willen, von Grad zu Grad gezogen, und ich befände mich irgendwo, zur See oder in einem unbekannten Lande: so würde ich sogleich eine Mittagslinie ziehen, um zu sehen, wie viel mein Kompaß davon abwiche; und wenn ich z. E. fände, daß die Abweichung genau 10° östlich wäre, würde ich meine Charte nehmen, auf derselben die beyden Linien suchen, unter welchen die Abweichung 10° östlich ist, und ich würde sicher seyn, daß ich mich unter der einen oder der andern von diesen beyden Linien befände, welches mir in meiner Ungewißheit schon viel Licht geben würde. Endlich würde ich die Polhöhe beobachten; und da dieselbe der Breite des Ortes gleich ist, wo ich mich befinde, so würde mir weiter nichts zu thun übrig bleiben, als auf den zwey gemeldeten Linien die Punkte zu bemerken, deren Breite derjenigen gleich wäre, die ich so eben beobachtet hätte; und alsdann würde meine ganze Ungewißheit auf zwey so sehr weit von einander entfernte Punkte gebracht seyn, daß die Umstände meiner Reise leicht entscheiden könnten, welcher von diesen beyden Punkten derjenige sey, wo ich mich gegenwärtig befinde.

Ew. Hoheit werden zugeben, daß diese Methode beynahe die bequemste von allen denjenigen seyn würde, die ich zu erklären die Ehre gehabt habe; wenn wir nur solche Charten hätten, als ich voraussetze. Aber diese mangeln uns; und so wie wir, aus Mangel einer genugsamen Menge von Beobachtungen, noch weit entfernt sind, nur für eine vergangene Zeit eine solche Charte verfertigen zu können, die uns für unsre Zeit nichts helfen würde, so sind wir noch weniger von allen Veränderungen der Abweichung unterrichtet, die an jedem Orte in der künftigen Folge der Zeit sich ereignen. Die bis hieher gemachten Beobachtungen zeigen uns, daß einige Gegenden gar beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind, indeß daß

andere in derselben Zwischenzeit fast keine erfahren: und eben dieses benimmt uns die Hoffnung, jemals diese Methode nützen zu können, so vortrefflich sie an sich selbst seyn mag.

den 17ten October 1761.

Hundert und drey und siebenzigster Brief.

Ew. Hoheit werden ohne Zweifel begierig seyn, den Grund zu wissen, warum die Magnetnadeln an jedem Orte der Erde eine gewisse Richtung vorzüglich annehmen? warum diese Richtung an verschiedenen Oertern verschieden ist? und warum sie an dem nemlichen Orte mit der Zeit sich ändert? Ueber diese wichtige Fragen werde ich die Ehre haben, alles zu sagen, was ich davon weiß, ob es gleich Ew. Hoheit Wißbegierde vielleicht bey weitem nicht befriedigen wird.

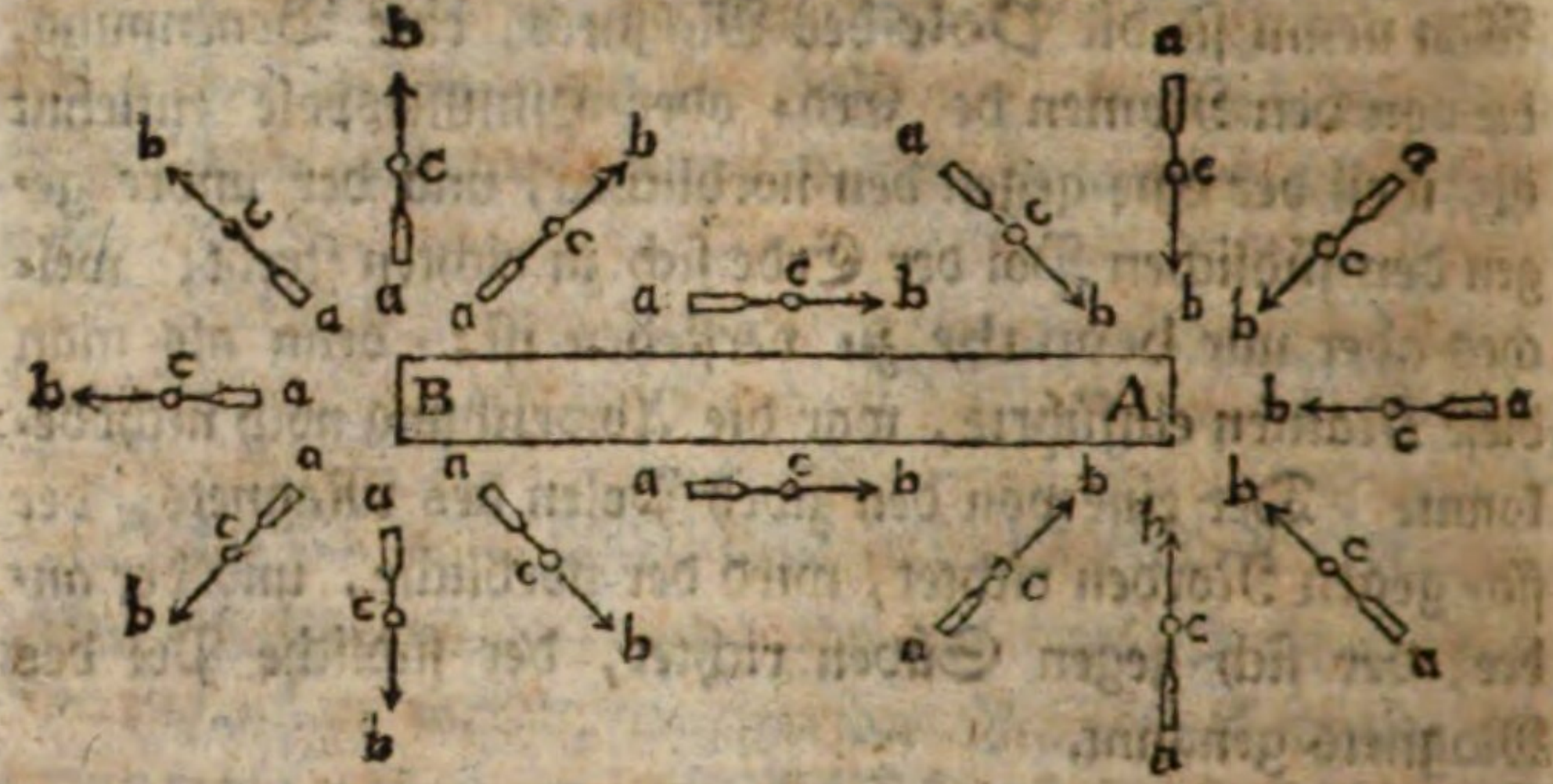
Ich bemerke zuvörderst, daß die Magnetnadel diese Eigenschaft mit allen Magnetsteinen gemein habe, und daß diese Eigenschaft dadurch nur merklicher werde, weil sie auf einem Stifte im Gleichgewichte liegt, und sich frey darauf herumdreht. Jeder Magnet, an einem Faden aufgehangen, dreht sich immer nach einer gewissen Gegend, oder, wenn man ihn in ein klein Gefäß legt, damit er auf dem Wasser schwimme, so wird das Gefäß mit dem Magnete immer eine gewisse Richtung vorzüglich suchen. So wie an den Magnetnadeln, die zwey Enden haben, das eine sich beynahe gegen Norden, und das andre gegen Süden richtet, so bemerkt man eben dasselbe an jedem Magnete, der auch mit zwey ähnlichen dergleichen Punkten versehen ist, von denen der eine Norden und der andere Süden, ohngefähr mit den nemlichen Abweichungen, wie bey den Nadeln, vorzüglich liebet.

Diese Punkte sind auch in jedem Magnete sehr merklich, weil er eben da das Eisen am stärksten an sich ziehet:

Man nennt sie die Pole des Magnets, eine Benennung, die von den Namen der Erd- oder Himmelspole entlehnt ist, weil der eine gegen den nordlichen, und der andre gegen den südlichen Pol der Erde sich zu richten strebt; welches aber nur beynahe zu verstehen ist: denn als man diese Namen einführte, war die Abweichung noch nicht bekannt. Der eine von den zwey Polen des Magnets, der sich gegen Norden richtet, wird der nordliche, und der andre, der sich gegen Süden richtet, der südliche Pol des Magnets genannt.

Ich habe schon angemerkt, daß eine Magnetnadel eben so, wie der Magnet selbst, diese ihr natürlich scheinende Lage nur alsdenn annimmt, wenn sie von irgend einem andern Magnet oder vom Eisen entfernt ist. Wenn eine Magnetnadel sich nahe bey einem Magnete befindet, so richtet sie sich in ihrer Lage nach den Polen dieses Magnets, so daß der nordliche Pol des Magnets das südliche Ende der Nadel an sich zieht, und hinwiederum der südliche des Magnets das nordliche Ende der Nadel. Wenn daher von zwey Magneten zugleich die Rede ist, nennt man diejenigen Pole Freunde, die verschiedene Namen führen, und Feinde, die gleiches Namens sind; diese Eigenschaft zeigt sich sehr deutlich, wenn man zwey Magnete nahe bey einander bringt: denn alsdenn wird man nicht nur sehen, daß die ungleichnamigen Pole, nemlich der nordliche des einen und der südliche des andern, sich anziehen, sondern auch, daß die gleichnamigen Pole sich fliehen und zurückstoßen. Noch deutlicher sieht man das, wenn man zwey Magnetnadeln nahe aneinander bringt.

Zu unserer Absicht wird es sehr wichtig seyn, die Lage, die eine Magnetnadel in der Nähe eines Magnetes annimmt, wohl zu betrachten.



In der vorstehenden Figur stellt die Stange AB einen Magnet vor, dessen Nordpol in B und der Südpol in A ist. Ew. Hoheit sehen vielerley Lagen der Magnetnadel, die ich durch die Figur eines Pfeiles vorstelle, wovon das mit b bezeichnete Ende der Nordpol und a der Südpol ist. In allen diesen Lagen nähert sich das Ende b der Nadel dem Pole A des Magnets, und das Ende a dem Pole B. Der Punkt c bedeutet den Stift, auf welchem die Nadel sich umdreht; und Ew. Hoheit dürfen nur die Figur wohl betrachten, um zu wissen, welche Lage die Nadel nehmen wird, man mag den Stift c rings um den Magnet, an welchen Ort man will, stellen.

Also wenn irgendwo ein sehr großer Magnet AB wäre, so würden die rund um ihn her liegenden Magnetnadeln an jedem Orte eine gewisse Lage annehmen, wie wir sehen, daß es wirklich rund um die Erde geschiehet; oder auch, wenn die Erde selbst dieser Magnet wäre, so würde man begreifen, warum die Magnetnadeln sich allenthalben in eine gewisse Richtung stellen. Darum behaupten auch die Naturkündiger, um diese Erscheinung zu erklären, die ganze Erde habe die Eigenschaft eines Magnets, oder sey als ein sehr großer Magnet zu betrachten. Einige unter ihnen sagen, es befinde sich gegen den Mittelpunkt der Erde ein sehr großer Magnet, der seine Kraft

auf

auf alle Magnetnadeln, und sogar auf alle auf der Oberfläche der Erde befindliche Magnetsteine ausübe, und eben diese Kraft sey es, welche ihnen an jedem Orte die Richtung mittheile, die wir daselbst beobachten.

Allein wir haben nicht nöthig, unsere Zuflucht zu einem solchen in dem Innern der Erde verborgenen Magnete zu nehmen: ihre Oberfläche selbst ist aller Orten dergestalt mit Eisen- und Magnetengruben angefüllt, daß ihre vereinte Kraft wohl im Stande ist, statt jenes vorgegebenen großen Magnets zu dienen. In der That zieht man alle Magnete aus Eisengruben, welches eine ganz sichere Anzeige ist, daß diese Mineralien sehr häufig in dem Innern der Erde anzutreffen sind, und daß aus der Vereinigung aller ihrer Kräfte die allgemeine Kraft entsteht, die alle magnetischen Erscheinungen hervorbringt. Hierdurch sind wir auch im Stande zu erklären, warum an dem nemlichen Orte die magnetische Abweichung sich mit der Zeit ändert; denn man weiß, daß die Gruben aller Metalle unaufhörlichen Veränderungen unterworfen sind, und besonders die Eisengruben, wozu man auch die Magnete zählen muß: bald erzeugt sich an einem Orte Eisen, bald geht es daselbst ein, so daß es jetzt Eisengruben giebt, wo ehemals keine waren, und da, wo man ehemals dergleichen Gruben im Ueberflusse gefunden, heut zu Tage fast nichts mehr sich findet. Dieß beweist hinlänglich, daß die ganze Masse aller in der Erde verschlossenen Magnete sehr beträchtlichen Veränderungen unterworfen ist, wornach ohne Zweifel die Pole, nach welchen die magnetische Abweichung sich richtet, sich mit der Zeit auch abändern werden.

Hier also muß man die Ursache suchen, warum die magnetischen Abweichungen, an den nemlichen Oertern der Erde, so beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind. Allein eben diese auf die Unbeständigkeit dessen, was in dem Innern der Erde vorgeht, gegründete Ur-

sache läßt uns keine Hoffnung, jemals dazu zu kommen, daß wir die magnetische Abweichung vorhersagen könnten, wofern man nicht Mittel findet, die Veränderungen der Erde auf irgend ein stetes Gesetz zu bringen. Eine lange viele Jahrhunderte hindurch fortgesetzte Reihe von Beobachtungen möchte uns vielleicht einige Erläuterungen hierüber verschaffen.

den 20sten October 1761.

Was hier gesagt wird, daß die in der Erde nahe an der Oberfläche zerstreuten Magneten die Richtung der Magnetnadeln bewirken, und daß die Veränderungen, die mit ihnen vorgehen, an der Veränderung der Abweichung Schuld sind, ist ziemlich dunkel. Und wie können die Magneten in der Erde in der oft weiten Entfernung auf die Magnetnadel wirken? Es sind ja auch nicht allenthalben Eisenbergwerke vorhanden.

Hundert und vier und siebenzigster Brief.

Diejenigen, welche behaupten, die Erde verschließe in ihrem Schooße einen großen Magnet, wie einen Kern, sind, um die magnetische Abweichung zu erklären, genöthigt zu sagen, dieser Kern ändere nach und nach seine Lage. Alsdenn müßte dieser Kern ringsherum von der Erde los seyn; und da ohne Zweifel seine Bewegung nach einem gewissen Gesetz erfolgen würde, so könnten wir hoffen, dereinst das Gesetz zu entdecken, nach welchem die Abweichung von Zeit zu Zeit sich ändert. Allein es mag nun ein solcher magnetischer Kern in der Erde seyn, oder es mögen alle in ihrem Schooße zerstreute Magnete ihre Kräfte vereinigen, um die magnetischen Erscheinungen hervorzubringen, so kann man immer die Erde selbst als einen Magnet betrachten, nach welchem sich alle einzelne Magnete und alle Magnetnadeln richten.

Einige Naturforscher haben einen Magnet von sehr großer Stärke in eine Kugel verschlossen, und nachdem sie auf die Oberfläche dieser Kugel eine Magnetnadel gestellt, haben sie an derselben Erscheinungen beobachtet, die denen ähnlich waren, die auf der Erde sich zeigen, nachdem sie den Magnet in der Kugel in mancherley verschiedene Lagen gebracht hatten; denn wenn man die Erde als einen Magnet ansieht, so wird sie ihre magnetische Pole haben, die man von ihren natürlichen Polen, um welche sie sich dreht, wohl unterscheiden muß: diese verschiedenen Pole haben nichts mit einander gemein, als den bloßen Namen; aber eben von der Lage der magnetischen Pole in Absicht auf die natürlichen kommen die anscheinenden Unregelmäßigkeiten in der magnetischen Abweichung, und besonders der auf der Erde gezogenen Linien her, von denen ich Ew. Hoheit Nachricht zu geben die Ehre gehabt habe.

Um diese Materie besser zu erläutern, merke ich an, daß, wenn die magnetischen Pole genau in die natürlichen fielen, keine Abweichung auf der Erde seyn würde; allenthalben würden die Magnetnadeln von Norden gegen Süden gerichtet und ihre Lage genau dieselbe mit der Lage der Mittagslinie seyn. Dieß würde unstreitig ein sehr großer Vortheil für die Schifffahrt seyn, weil man alsdann den Lauf des Schiffes und die Richtung der Winde genau kennen würde: anstatt daß man heut zu Tage immer die Abweichung der Magnetnadel suchen muß, bevor man die wahren Weltgegenden bestimmen kann. Aber alsdann würde der Kompaß auch nichts zur Bestimmung der Längen behülflich seyn, eine Absicht, wozu die Abweichung wohl dereinst noch führen könnte.

Hieraus kann man schließen, daß, wenn in dem Falle, da die magnetischen Pole der Erde von den natürlichen viel verschieden sind, sie einander gerade gegenüber stünden, welches geschehen würde, wenn die magnetische Axe der Erde (das ist, die durch beyde magnetische Pole gezo-

gene gerade Linie,) durch den Mittelpunkt der Erde gienge, alsdann die Magnetnadeln sich allenthalben gegen diese magnetischen Pole richten würden, daher es sehr leicht wäre, an allen Oertern die magnetische Richtung zu bestimmen. Man dürfte nur durch jeden Ort einen Zirkel ziehen, der zugleich durch die beyden magnetischen Pole gienge, und der Winkel, den dieser Zirkel mit dem Meridian desselben Ortes machte, würde die magnetische Abweichung geben.

In diesem Falle würden die zwey Linien, unter welchen die Abweichung nichts ist, Meridiane seyn, die durch die magnetischen Pole gezogen sind. Da wir nun gesehen haben, daß diese zwey Linien, wo keine Abweichung statt findet, wirklich keine Meridiane sind, sondern daß sie einen recht seltsamen Lauf haben, so sieht man leicht, daß dieser Fall auf der Erde nicht statt hat. Halley hat diese Folge wohl eingesehen, und hat sich hierdurch genöthiget geglaubt, einen gedoppelten Magnet in dem Innern der Erde vorauszusetzen, wovon der eine feststehend und der andere beweglich wäre; diesem zufolge hat er vier Pole auf der Erde angenommen, wovon zwey sich nahe beym Nordpol, und die zwey andern nahe beym Südpol, in ungleichen Entfernungen befinden. Allein diese Schlußfolge dünkt mir ein wenig gewagt: denn daraus, daß die Linien ohne Abweichung keine Mittagslinien sind, folgt noch nicht, daß es auf der Erde vier magnetische Pole gebe, sondern vielmehr, daß ihrer nur zwey sind, und daß diese zwey Pole einander nicht gerade gegenüber stehen, oder welches auf eins hinausläuft, daß die magnetische Axe nicht durch den Mittelpunkt der Erde gehe.

Es bleiben also noch die Fälle zu betrachten übrig, wo diese zwey magnetische Pole einander nicht gerade gegenüber stehen, und wo die magnetische Axe nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht; denn wirklich, wenn man auch die Hypothese vom magnetischen Kerne in der Erde annimmt,

wozu ist nöthig, daß der eine von den magnetischen Polen dem andern genau gegenüber stehe? es könnte ja wohl seyn, daß dieser Kern sich nicht in der Mitte der Erde befände, sondern daß er in einiger Entfernung vom Mittelpunkte wäre. Sobald also die magnetischen Pole einander nicht mehr gerade gegenüber stehen, so nehmen die Linien, unter welchen die Abweichung nichts ist, wirklich einen Lauf, der demjenigen ähnlich ist, den man durch die Beobachtungen herausgebracht hat. Ja, es ist nicht nur möglich, den zwey magnetischen Polen solche Stellen auf der Erde anzuweisen, daß diese Linien mit den Beobachtungen übereinstimmen, sondern man findet auch für einen jeden Grad der Abweichung, sowohl der westlichen als der östlichen, Linien, die denen genau ähnlich sind, die uns Anfangs so seltsam vorkamen.

Also kömmt es, um den Zustand der magnetischen Abweichung zu kennen, nur darauf an, daß man die zwey magnetischen Pole festsetze; und sodann ist es eine geometrische Aufgabe, die Richtung aller dieser Linien zu bestimmen, von denen ich im vorhergehenden Briefe geredt habe, und die durch alle diejenigen Oerter gezogen sind, wo die Abweichung die nemliche ist. Durch eben dieses Mittel würde man auch im Stande seyn, diese Linien zu berichtigen und Gegenden auszufüllen, wovon uns die Beobachtungen fehlen; und wenn man für alle künftige Zeiten die Stellen der zwey magnetischen Pole auf der Erde bestimmen könnte, so würde das ohnstreitig die schönste Auflösung des Problems der Länge seyn.

Man hat also keinen gedoppelten Magnet in der Erde, auch nicht vier magnetische Pole vonnöthen, um die Erscheinungen der magnetischen Abweichung zu erklären, wie der große Halley glaubte, sondern ein einfacher Magnet oder zwey magnetische Pole sind vollkommen hinreichend, wofern man nur einem jeden seine rechte

Stelle anweiset. Mich deucht, wir sind durch diese Betrachtung in unsrer Kenntniß der magnetischen Kraft um sehr viel weiter gekommen.

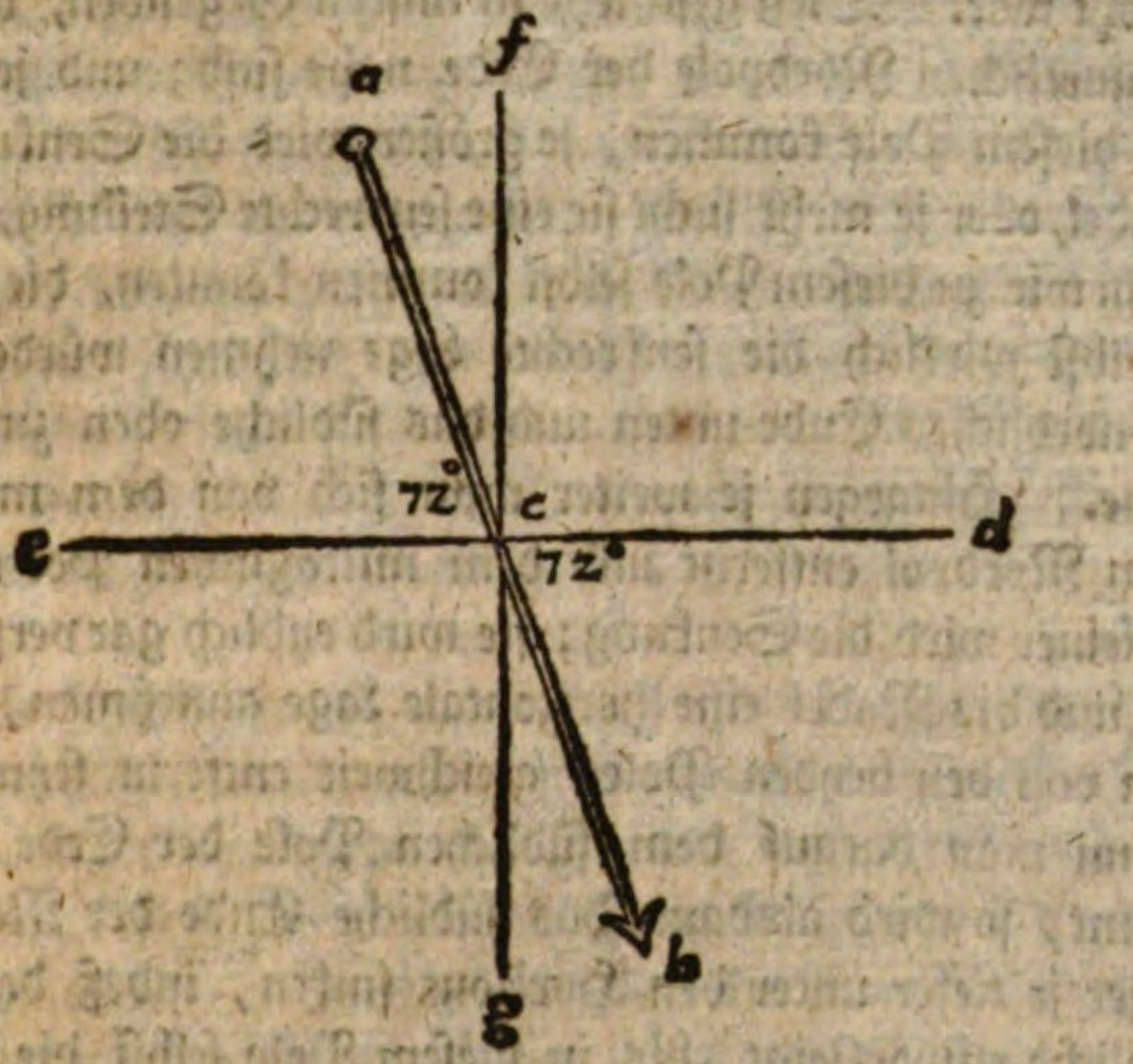
den 24sten October 1761.

Hundert und fünf und siebenzigster Brief.

Ew. Hoheit belieben sich zu erinnern, daß, als wir eine Nadel auf dem Magnetsteine rieben oder strichen, sie dadurch nicht nur die Eigenschaft erhielt, sich gegen einen gewissen Punkt des Horizonts zu richten, sondern auch, daß ihr nordliches Ende niedersank, gleich als ob es schwerer geworden wäre, welches uns nöthigte, etwas von demselben abzunehmen, oder dem andern südlichen Ende beyzufügen, um die Nadel wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Nun habe ich, indem ich dieses zu thun unterließ, viele Versuche angestellt, um zu erfahren, wie weit die magnetische Kraft das nordliche Ende der Magnetnadel sinken macht, und habe gefunden, daß es niedersinkt, bis es mit dem Horizonte einen Winkel von 72 Graden ausmacht, und daß die Nadel alsdann in dieser Lage in Ruhe bleibe; dienlich ist es anzumerken, daß ich die Versuche hier in Berlin, vor ohngefähr sechs Jahren, angestellt habe; denn ich werde in der Folge zeigen, daß diese Senkung unter den Horizont eben so veränderlich ist, als die magnetische Abweichung.

Hieraus sehen wir, daß die magnetische Kraft eine gedoppelte Wirkung auf die Nadel ausübt; die eine ist diejenige, von der ich schon sehr umständlich geredet habe, durch welche sie die Nadel gegen eine gewisse Gegend des Horizonts richtet, deren Entfernung von der Mittagslinie eben das ist, was man die magnetische Abweichung nennt. Die andre Wirkung aber drückt der Nadel eine Neigung gegen den Horizont ein, indem sie das eine oder das andre

dre Ende, bis auf einen gewissen Winkel, unter den Horizont niederbeugt.



Es sey de die nach der magnetischen Abweichung gezogene Horizontallinie, so wird die Nadel hier in Berlin die Lage ba nehmen, die mit dem Horizonte de den Winkel dcb oder eca, der 72° ist, und folglich mit der Scheitellinie fg einen Winkel bcg oder acf von 18° macht. Diese zweyte Wirkung der magnetischen Kraft, durch welche die Magnetnadel eine gewisse Neigung gegen den Horizont erhält, ist eben so merkwürdig als die erstere; und so wie die erstere die magnetische Abweichung genennet wird, so ist die andere unter dem Namen der magnetischen Senkung oder Neigung bekannt, die eben sowol als die Abweichung verdiente, allenthalben mit der möglichsten Sorgfalt beobachtet zu werden, weil man bey derselben eine eben so große Verschiedenheit antrifft.

Als die Senkung in Berlin 72° gefunden ward, war sie in Basel nur 70°, so daß das nordliche Ende der Nadel um diesen Winkel gesenkt, und folglich das andre so viel erhöht war. Dieß geschieht in unsern Gegenden, die dem magnetischen Nordpole der Erde nahe sind; und je näher wir diesem Pole kommen, je größer wird die Senkung der Nadel, oder je mehr sucht sie eine senkrechte Stellung, so daß, wenn wir zu diesem Pole selbst kommen könnten, die Nadel daselbst wirklich die senkrechte Lage nehmen würde, daß ihr nordliches Ende unten und das südliche oben zu stehen käme. Hingegen je weiter man sich von dem magnetischen Nordpol entfernt und dem mittäglichen Pol nähert, je kleiner wird die Senkung; sie wird endlich gar verschwinden und die Nadel eine horizontale Lage annehmen, wenn man von den beyden Polen gleichweit entfernt seyn wird. Wenn man darauf dem südlichen Pole der Erde näher kömmt, so wird alsdann das südliche Ende der Nadel je länger je tiefer unter den Horizont sinken, indeß daß das nordliche emporsteigt, bis in diesem Pole selbst die Nadel von neuem senkrecht wird, so daß sie ihr südliches Ende nach unten und das nordliche nach oben dreht.

Es wäre wohl zu wünschen, daß man allenthalben eben so sorgfältige Erfahrungen anstellen möchte, um die magnetische Senkung zu bestimmen, als man über die Abweichung gemacht hat; allein bis dahin hat man dieses wichtige Stück der Experimentalphysik allzusehr vernachläßigt, das doch gewiß nicht weniger merkwürdig und interessant, als die Abweichung ist. Aber man darf sich hierüber nicht verwundern; diese Art von Versuchen ist allzuvielen Schwierigkeiten unterworfen, und beynahe alle bisher erdachte Mittel, die magnetische Neigung zu beobachten, haben nicht den erwünschten Erfolg gehabt. Nur einem Künstler in Basel, Namens Diterich, ist es hierinn gelungen, indem er eine zu dieser Absicht dienliche Maschine, nach Anleitung des berühmten Daniel Bernoulli,

noulli, verfertiget hat. Es sind mir zwey dergleichen Maschinen von ihm zugeschicket worden, mittelst welcher ich diese Senkung hier in Berlin von 72 Graden gefunden habe; und so neugierig die Engländer und Franzosen sonst auf dergleichen Entdeckungen sind, so hielten sie doch nicht viel von der Maschine des Herrn Diterich, ob sie gleich zu dieser Absicht die einzige ist. Es ist dieses ein großes Beyspiel, das uns zeigt, wie sehr Vorurtheile im Stande sind, den Fortgang der Wissenschaften zu hemmen. Aus diesem Grunde kann man behaupten, daß Basel und Berlin annoch die einzigen Oerter auf der Erde sind, wo man die magnetische Senkung kennet.

Die für Kompasse verfertigten Nadeln sind durchaus nicht geschickt, uns das Maaß der magnetischen Senkung anzugeben, ob sie gleich die Wirkung derselben überhaupt anzeigen, weil das nordliche Ende in unsern Gegenden schwerer wird. An den Nadeln, die zur Beobachtung der Abweichung dienen sollen, muß man vielmehr die Senkung heben, indem man das nordliche Ende leichter und das südliche schwerer macht. Um die Nadel in die horizontale Lage zurückzubringen, bedient man sich gemeiniglich des letztern Mittels, indem man ein wenig Wachs an das südliche Ende der Nadel klebt. Aber Ew. Hoheit begreifen leicht, daß dieses Mittel nur hier statt hat, wo die neigende Kraft von einer gewissen Größe ist, und daß, wenn wir mit einer solchen Nadel gegen den magnetischen Nordpol der Erde reisen, die neigende Kraft auch größer wird, so daß man, um ihre Wirkung zu verhindern, noch mehr Wachs an das südliche Ende ankleben muß. Wenn wir aber gegen Süden reisen, und dem andern Pole der Erde näher kommen, wo die auf das nordliche Ende der Nadel wirkende Senkungskraft kleiner wird, so muß man alsdenn das am andern Ende angeklebte Wachs vermindern, hernach gänzlich wegnehmen, weil es unnütz ist,

wenn

wenn man in Gegenden kömmt, wo die magnetische Senkung verschwindet. Wenn man diese Grenze überschritten hat, und dem südlichen Pole näher kömmt, so wird das südliche Ende niedergedrückt, so daß man, um dieser Wirkung zuvorzukommen, an das nordliche Ende der Nadel Wachs ankleben muß. Und dieses ist wirklich das Mittel, dessen man sich bey großen Reisen bedient, um den Kompaß in einer horizontalen Lage zu erhalten.

Um nun die magnetische Senkung zu beobachten, sollte man eigene dazu verfertigte Instrumente haben, und zwar dergleichen, wie die sind, die der Künstler in Basel erfunden hat; ein solches Instrument nennt man ein Inclinatorium: allein es hat keinen Anschein, daß man sich desselben so bald bedienen werde *). Noch weniger können wir hoffen, daß man in kurzem über die magnetische Senkung dergleichen Charten verfertigen werde, wie die sind, worauf man uns die Abweichung vorgestellt hat: man könnte hiebey wohl die nemliche Methode befolgen, und durch alle die Oerter, wo die magnetische Senkung die nemliche wäre, Linien ziehen, so daß man auf denselben Linien hätte von keiner Senkung, hernach andere Linien, wo die Senkung 5°, 10°, 15°, 20° u. s. w. wäre, sowol gegen Norden, als gegen Süden.

den 27ten October 1761.

Hundert

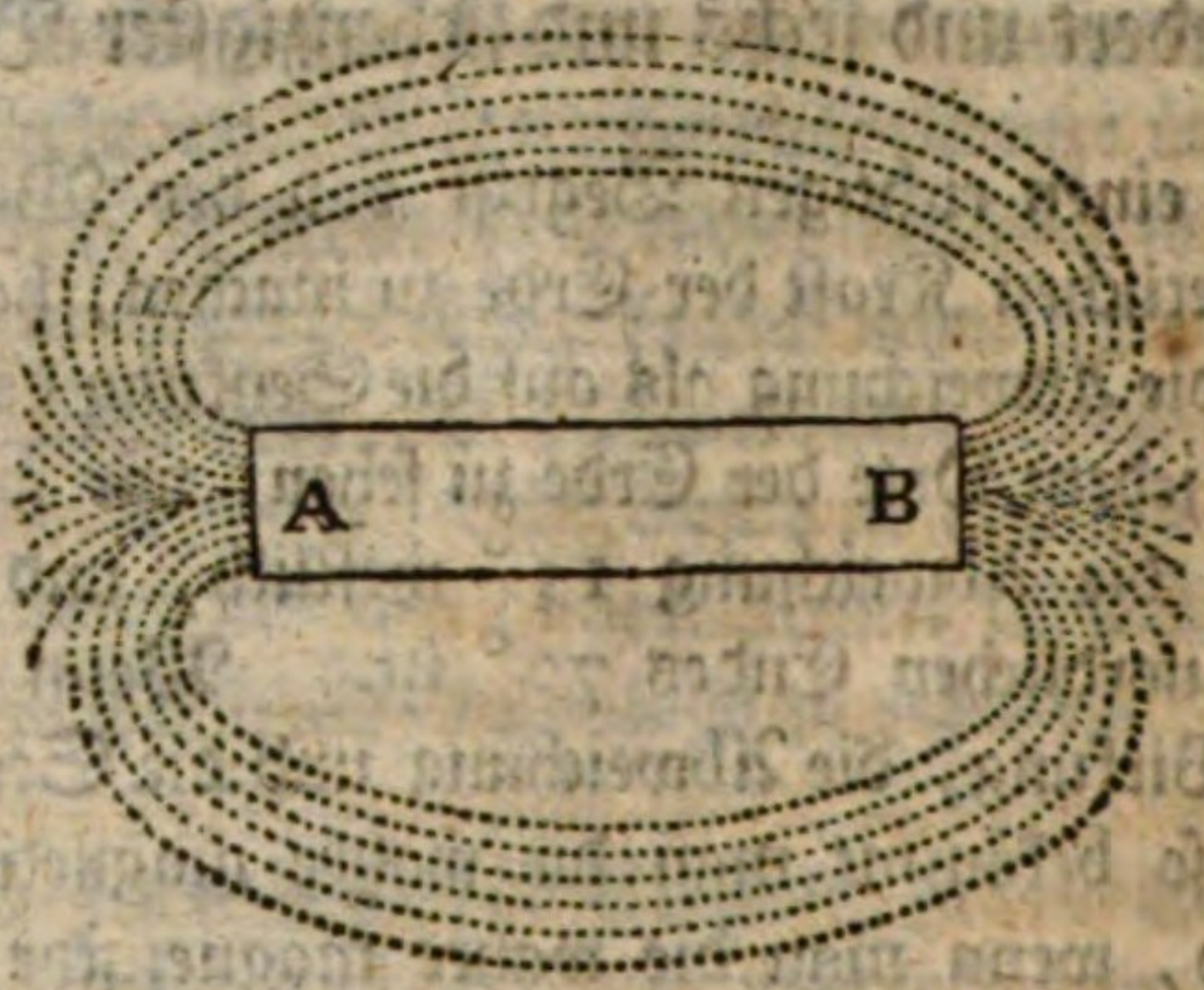
*) Seitdem haben die Herren Mallet und Pictet von Genf, welche berufen worden, den letztern Durchgang der Venus durch die Sonne in Lappland zu beobachten, ein solches Inclinatorium gebraucht, und im Maymonat des Jahrs 1769 die magnetische Neigung zuerst in St. Petersburg 73°, 40', und nachgehends in Lappland zu Kola 77°, 45', in Umba 75°, 10' und in Ponoi 76°, 30' gefunden.

Hundert und sechs und siebenzigster Brief.

Um sich einen richtigen Begriff von der Wirkung der magnetischen Kraft der Erde zu machen, hat man sowohl auf die Abweichung als auf die Senkung der Magnetnadeln an jedem Orte der Erde zu sehen; wir wissen, daß in Berlin die Abweichung 15° westlich, und die Senkung des nordlichen Endes 72° ist. Wenn man diese doppelte Wirkung, die Abweichung und die Senkung, betrachtet, so bekömmt man die wahre magnetische Richtung; also, wenn man die wahre magnetische Richtung für Berlin wissen will: so ziehe man erstlich auf einer horizontalen Fläche eine Linie, die mit der Mittagslinie einen Winkel von 15° westwärts mache, und von da steige man gegen die senkrechte Linie herab und ziehe eine neue Linie, die mit jener einen Winkel von 72° mache, so wird diese uns die magnetische Richtung für Berlin anzeigen, woraus Ew. Hoheit einsehen, wie man für jeden andern Ort die magnetische Richtung bestimmen müßte, wenn man einmal die Senkung und die Abweichung wüßte.

Nun giebt uns jeder Magnet völlig ähnliche Erscheinungen; man darf ihn nur auf einen Tisch legen, worauf Feilstaub gestreut ist, so wird man sehen, daß der Feilstaub sich rund um den Magnet B A legen wird, ohngefähr so, wie es die nachstehende Figur vorstellet, wo jedes Theilchen des Feilstaubes als eine kleine Magnetnadel kann betrachtet werden, die uns in jedem Punkte rund um den Magnet die magnetische Richtung zeigt. Dieser Versuch führt uns auf die Untersuchung der Ursache von allen diesen magnetischen Erscheinungen.

Die



Die Figur, in welche sich der Feilstaub legt, läßt uns nicht zweifeln, es sey eine feine und unsichtbare Materie, die die Theilchen desselben durchstreicht, und sie in die Richtung, die wir sehen, bringet. Ueberdieß ist eben so klar, daß diese feine Materie den Magnet selbst durchstreicht, indem sie durch den einen Pol hinein und durch den andern herausgeht, so daß sie durch ihre unaufhörliche Bewegung um den Magnet einen Wirbel formirt, der die feine Materie von einem Pole zum andern fortführt, und ohne Zweifel ist diese Bewegung äußerst schnell.

Also besteht die magnetische Kraft in einem unaufhörlichen Wirbel, und eben dieß unterscheidet den Magnet von allen andern Körpern; sogar die Erde selbst, als Magnet, wird mit einem solchen Wirbel umgeben seyn, der allenthalben auf die Magnetnadel wirkt, und sich bestrebt, sie nach seiner eigenen Richtung zu lenken, welche eben dieselbe ist, die ich zuvor die magnetische Richtung genennet habe. Diese subtile Materie geht also unaufhörlich aus dem einen magnetischen Pole der Erde heraus, und dringt, nachdem sie rund um dieselbe bis zum andern Pole gegangen, wieder in sie hinein, und durchstreicht sie in ihrer ganzen Dicke, bis sie wieder aufs neue aus dem erstern Pol herausströmt.

Nun läßt sich aber noch nicht entscheiden, durch welchen von den beyden magnetischen Polen der Erde sie hinein oder herausgeht. Die Erscheinungen, die davon abhängen, sind einander so vollkommen ähnlich, daß man sie nicht unterscheiden kann. Ohne Zweifel ist es auch jener allgemeine Wirbel der Erde, der allen einzelnen Magneten und dem magnetisch gemachten Eisen oder Stahl die subtile Materie giebt, und die einzelnen Wirbel unterhält, die sich um die Magnete herum bewegen.

Um die Natur dieser subtilen Materie und ihrer Bewegung zu ergründen, muß man zuvörderst bemerken, daß sie nur auf die Magnete, auf Eisen und Stahl wirkt; alle andre Körper sind ihr schlechterdings gleichgültig: sie muß also mit den Magneten und dem Eisen in einem ganz andern Verhältnisse stehen, als mit allen andern Körpern. Viele Versuche nöthigen uns zu behaupten, diese subtile Materie durchstreiche alle andre Körper frey, und sogar von allen Seiten: denn wenn ein Magnet auf eine Nadel wirkt, so ist die Wirkung vollkommen die nemliche, man mag etliche Körper dazwischen legen, oder man mag nichts dazwischen legen, wofern es nur kein Eisen ist; und eben auf diese Weise wirkt ein Magnet auf den Feilstaub. Also muß diese subtile Materie wohl alle Körper, das Eisen ausgenommen, eben so frey als die Luft, und sogar als der reine Aether durchstreichen, weil diese Erfahrungen in dem durch die Luftpumpe leer gemachten Raum eben so gut von statten gehen. Diese subtile Materie ist folglich auch vom Aether verschieden, ja sogar weit subtiler. Wegen des allgemeinen Wirbels um die Erde kann man ferner sagen, sie umgebe die ganze Erde, und durchströme ihre ganze Masse eben so frey als die andern Körper, das Eisen und die Magnete ausgenommen; und aus diesem Grunde könnte man das Eisen und den Stahl, zum Unterschied von allen andern Körpern, magnetische Körper nennen.

Allein wenn die magnetische Materie alle nicht magnetische Körper ungehindert durchströmt, in was für einer besondern Verwandtschaft kann sie mit den magnetischen stehen? Denn wir haben so eben gesehen, daß der magnetische Wirbel in jedem Magnete durch den einen Pol hinein und durch den andern herausgeht, woraus man schließen könnte, er durchströme auch die Magnete ungehindert, daß diese also von andern Körpern nicht unterschieden seyn würden. Allein wenn die magnetische Materie die Magnete nur von einem Pole zum andern durchströmt, so ist dieses ein Umstand, der von dem, was in andern Körpern statt hat, sehr verschieden ist. Das unterscheidende Kennzeichen ist also dieses: die nicht magnetischen Körper werden von der magnetischen Materie ungehindert und von allen Seiten durchströmt; die Magnete aber werden nur von einer einzigen Seite durchströmt, so daß der eine Pol dem Eintritt und der andere dem Ausgang jener Materie bestimmt ist. Was Eisen und Stahl betrifft, so werden diese Körper, wenn sie magnetisch gemacht worden, auch nur von einer einzigen Seite, nach der Natur der magnetischen Pole, von der magnetischen Materie durchstrichen; aber wenn diese Körper noch nicht magnetisch gemacht sind, alsdenn kann man sagen, sie gestatten der magnetischen Materie von keiner Seite den freyen Durchzug.

Dieß wird uns fremde scheinen, da das Eisen dergestalt offene Poren hat, daß sie sogar den Aether, der doch nicht so subtil ist, als die magnetische Materie, an sich ziehen und durchlassen. Allein man muß einen Durchgang, wo die magnetische Materie den Körper mit aller ihrer Schnelligkeit durchstreichen kann, ohne irgend ein Hinderniß anzutreffen, von einem gemeinen Durchgange wohl unterscheiden.

den 31sten October 1761.

Musschen-

Muſſchenbroek giebt noch eine andere Abbildung von der Figur, in welcher ſich der Feilſtaub um einen magnetiſchen Stab von Stahl leget. Um die Mitte herum geſchieht es in einer kreisförmigen Figur; an den Enden ſind es gleichſam Strahlen, die aus dieſen Enden hervorlaufen; zwiſchen den Enden und der Mitte legen ſich die Theilchen in Linien, die auf den Stab ſenkrecht ſtehen. Aber mit einem Vergrößerungsglaſe betrachtet, ſcheinen die Theilchen lange nicht ſo ordentlich zu liegen, wie ſie dem bloßen Auge vorkommen. Dieß ließe ſich allenfalls noch erklären, wenn man auch einen magnetiſchen Strom annimmt. Allein dieſer Strom oder Wirbel muß in dem Muſſchenbroekiſchen Verſuche doch ganz anders aus- und einfließen, als hier angenommen wird. Es iſt unbegreiflich, warum dieſer Strom nur blos auf Eiſentheilchen wirkt, nicht auf andere noch dichtere Körper, auf deren feſte Theilchen er doch auch ſtoßen, und ſie bewegen müßte? Wenn man zwey Magnete mit ihren befreundeten Polen gegen einander legt, ſo muß der angenommene Strom, der aus dem einen Pole herausfließt, in den andern gegenüberliegenden hineinſtrömen, wie es auch in dem 178ſten Briefe behauptet wird. Folglich müßte eine Magnetnadel, die, an einem Faden aufgehängt, zwiſchen beyden Magneten ſchwebte, nach dem einen oder dem andern hin angezogen werden, woraus man auch zugleich ſehen würde, aus welchem Pole der Strom heraus, und in welchen er hineinflöſſe. Allein die Nadel rührt ſich nicht. Eine ſolche frey aufgehängte Nadel müßte auch von dem allgemeinen magnetiſchen Strome um die Erde etwas aus ihrer ſenkrechten Richtung gebracht werden, welches man ebenfalls nicht bemerkt.

Die Vorſtellung der feinen zottigen Durchgänge in dem Magnete (177ſter Brief,) wird den meiſten ganz unbegreiflich bleiben. Sie müſſen außerordentlich fein ſeyn, weil man ſie mit den beſten Mikroſkopen nicht entdecken

kann. Doch wir wollen den mit Ventilen versehenen Röhrenbau, so wenig man auch sonst den Bau der Thiere in dem Mineralreiche vermuthen möchte, zugeben, so wird dennoch kein Strom entstehen. Einmal wird der Aether, der auf der einen Seite die seine magnetische Materie in die Kanäle preßt, die Ventile auf der andern zuhalten, oder wenn sie auch durchgedrungen ist, so wird doch alsdenn alle Bewegung aufhören. Der Aether drückt dann die magnetische Materie von beyden Seiten gleichstark hinein. Man stelle sich eine mit mehrern Ventilen versehene und mit Wasser gefüllte Röhre vor, in welche von beyden Seiten Pumpenkolben mit gleicher Kraft getrieben werden, so muß das Wasser offenbar in Ruhe bleiben.

Die Schwenkung des magnetischen Stroms (178ster Brief) hat auch ihre Schwierigkeiten. Wenn er nicht gerade vorwärts kann, so kann er auch nicht zur Seite; sondern er wird sich verlieren, und auf keine Weise einen Wirbel von einem Pole zum andern bilden können.

Es ist nicht wohl zu begreifen, wie die beyden Wirbel einer flüßigen Materie, die aus den gleichnamigen Polen zweyer nahe einander entgegengestellter Magnete ausfliessen und sich begegnen, solche schwere Körper, wie die Magnete, aus ihrer Lage bringen mögen. Die beyden Wirbel werden doch gewiß dahin ausweichen, wo der Widerstand am geringsten ist, und werden also den herumliegenden Aether oder die Luft lieber als die Magnete fortstoßen. Es ist auch noch zu bemerken, daß Magnete, wenn sie mit ihren gleichnamigen Polen sich berühren, einander anziehen. Warum wird alsdenn der magnetische Strom unkräftig?

Zwischen zwey Magneten, die mit den ungleichnamigen Polen einander entgegengestellt sind, befindet sich doch ohne Zweifel Aether und Luft; warum kann denn da die magnetische Materie ungehindert durchdringen, da sie sonst

vom

vom Aether und der Luft Widerstand findet? Ist zwischen beyden Magneten Aether, so kann der Aether von den andern Seiten sie nicht zusammendrücken. Will man auch keinen annehmen, so ist der Aether ohne Zweifel viel zu leicht, um, so wie die Luft, zwey Körper, zwischen welchen wenig oder keine Luft ist, zusammenzudrücken. Die Luft thut dieses mittelst ihres Gewichts, nicht durch ihre Elasticität.

Da die magnetische Materie außerhalb des Magnets so langsam sich bewegen soll, daß sie selbst an dem feinen Aether Widerstand findet, so ist nicht wohl einzusehen, wie sie sich in dem Eisen Kanäle öffnen, und die Ventilchen von einer Stelle zur andern bringen möge. (Brief 179.) Der Aether müßte sie hineinpressen. Dieser müßte also einen gewaltigen Druck äußern, welches bey seiner Feinheit nicht wohl zu begreifen ist. Wie die länglichte Figur mehr als eine andere zur Eröffnung der Pore schicklich sey, ist nicht wohl einzusehen.

Ich übergehe, was man sonst noch möchte gegen einen magnetischen Strom anführen können, um nur noch dieses zu erwähnen, daß es ganz unbegreiflich sey, wie man durch das Streichen mit einem Magnete einem unmagnetischen Eisen die magnetische Kraft mittheilen, und in ihm Kanäle mit ihren haarichten Ventilen eröffnen könne, noch weniger, wie, nach den von Canton zuerst bekannt gemachten Versuchen, durch das Streichen mit unmagnetischen Eisen ein anderes Eisen sich magnetisch machen lasse.

Am besten wird es seyn, daß wir unsere Unwissenheit lieber offenherzig gestehen, als sie mit einer Hypothese beschönigen, die am Ende uns doch kaum einen Schritt weiter führt. Gesetzt, es gäbe einen magnetischen Wirbel, so wissen wir doch von der Natur dieses Fluidums nichts, und wissen nicht, wodurch es in Bewegung gesetzt werde,

weil die Elasticität des Aethers, dessen Daseyn selbst nur hypothetisch ist, dazu nicht hinreichen möchte. Was drückt den Aether zusammen, daß er seine Elasticität äußert? Von den Gesetzen der Bewegung des magnetischen Stroms können wir auch nichts angeben. Also wird man lieber sagen müssen, es gebe Kräfte und Wirkungen in der Natur, die mit den Eigenschaften der Materie, welche unsern Sinnen erkennbar sind, nichts zu thun haben, die vielmehr in unmateriellen, uns ganz unerreichbaren Substanzen ihren Grund haben. Die Schwere, das Licht, die Elektricität selbst vermuthlich und das Feuer gehören ebenfalls dahin.

Hundert und sieben und siebenzigster Brief.

Ich bin weit entfernt, die Erscheinungen des Magnetismus vollkommen erklären zu wollen; ich finde Schwierigkeiten dabey, dergleichen ich bey der Elektricität nicht angetroffen habe. Die Ursache hiervon ist unstreitig diese, daß die Elektricität in einem allzugroßen oder allzukleinen Grad von Zusammendrückung einer feinen flüßigen Materie bestehet, welche die Poren der Körper einnimmt, ohne daß diese flüßige Materie, welche der Aether ist, sich in einer wirklichen Bewegung befände; der Magnetismus aber läßt sich nicht erklären, außer wenn man einen schnell bewegten Wirbel annimmt, der die magnetischen Körper durchdringt.

Die Materie, woraus solche Wirbel bestehen, ist auch viel subtiler als der Aether, und durchstreicht ungehindert die Zwischenräumchen der Magnete, die für den Aether selbst undurchdringlich sind. Nun ist diese magnetische Materie eben so in dem Aether zerstreut und mit ihm vermengt, als der Aether mit der gröbern Luft vermengt ist; oder wie der Aether die Zwischenräumchen der gröbern Luft einnimmt und erfüllt, eben so, kann

man

man sagen, ist die magnetische Materie in den Zwischenräumchen des Aethers verschlossen.

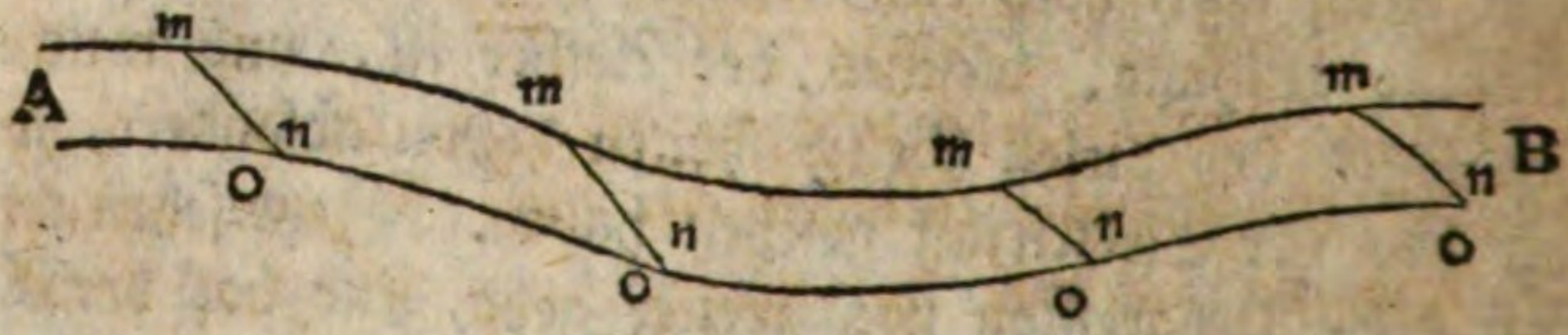
Jetzt stelle ich mir vor, der Magnetstein und das Eisen haben so kleine Zwischenräumchen, daß der ganze Aether nicht hinein, sondern nur blos die magnetische Materie sie durchdringen kann, die, indem sie hineindringt, sich von dem Aether trennt, so daß gleichsam eine Filtrirung dabey vorgeht. Also nur in den Zwischenräumchen des Magnets trifft man die magnetische Materie ganz rein an; sonst allenthalben ist sie vermischet und in dem Aether zerstreut, eben so wie der Aether selbst in der Masse der Luft zerstreut ist.

Ew. Hoheit werden sich leicht viele ähnliche flüßige Dinge vorstellen, deren eines immer feiner ist als das andere, und die doch vollkommen mit einander vermengt sind. Die Natur bietet uns ganz offenbare Beyspiele hievon an. Wir wissen, daß schon das Wasser in seinen Zwischenräumchen Lufttheilchen einschließt, die wir zuweilen in Gestalt kleiner Bläschen aufsteigen sehen. Es ist also kein Zweifel, daß die Luft in ihren Zwischenräumchen nicht auch noch ein anderes ungemein viel feineres Flüßige enthalte, welches der Aether ist, und welches sich sogar bey vielen Gelegenheiten davon absondert, wie wir bey der Elektricität gesehen haben. Jetzt sehen wir, daß diese Progression noch weiter geht, und daß der Aether eine noch weit feinere Materie in sich schließt, welches die magnetische Materie ist; vielleicht sitzt in dieser wieder eine andere noch feinere, wenigstens würde das nicht unmöglich seyn.

Nachdem wir das Daseyn dieser magnetischen Materie ausgemacht haben, so wollen wir nun sehen, wie sie die magnetischen Erscheinungen hervorbringt. Zu diesem Ende betrachte ich zuvörderst einen Magnet, und nehme erstlich an, er enthalte, neben einer sehr großen Menge

Zwischenräumchen, die, wie bey allen andern Körpern, mit Aether angefüllt sind, annoch viel engere Zwischenräumchen, wo nur die magnetische Materie allein eindringen kann; ferner, diese engere Zwischenräumchen seyn so eingerichtet, daß sie alle zusammenhängen, und Röhren oder Kanäle ausmachen, wodurch die magnetische Materie von einem Ende zum andern zieht; zum dritten, diese magnetische Materie könne nur von einer Seite durch diese Röhrchen durchgehen, nicht aber denselben Weg wieder zurückgehen: dieser Umstand, der sehr wesentlich ist, muß noch mehr ins Licht gesetzt werden.

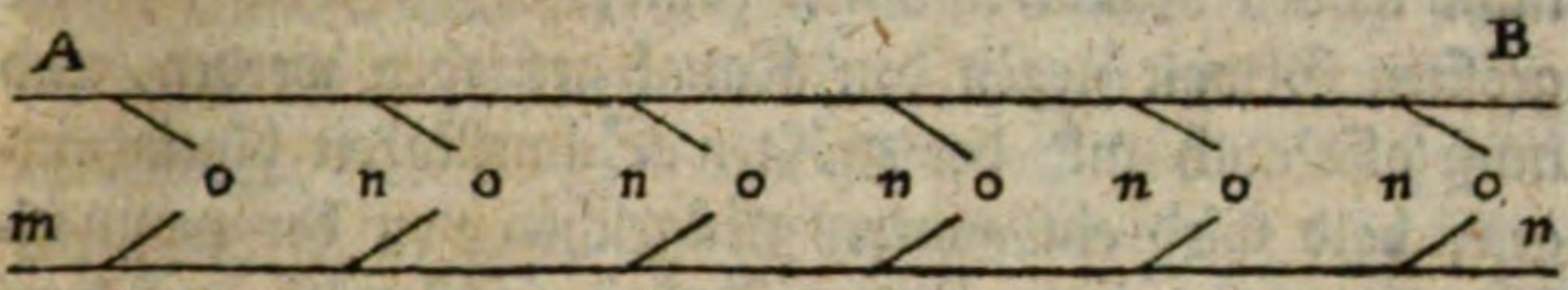
Ich bemerke also gleich voraus, daß die Blutadern und die lymphatischen Gefäße in den Leibern der Thiere Röhren von ähnlicher Bauart sind. In den Blutadern giebt es gewisse Klappen (Valveln), die in beygefügter Figur durch die Strichelchen m n vorgestellt sind; deren Amt ist, daß sie sich, so lange das Blut von A nach B fließt, öffnen und ihm freyen Durchgang gestatten; sie verhindern aber zu gleicher Zeit das Blut, von B nach A zurückzufließen.



Denn wenn das Blut von B nach A fließen wollte, so würde es das freye Ende der Valvel n gegen die Seite o der Blutader andrücken, und die Valvel würde den Durchgang gänzlich verschließen. Man bedienet sich ähnlicher Valveln in den Wasserröhren, um zu verhindern, daß das Wasser nicht zurücktreten könne. Aus diesem Grunde glaube ich, nichts, das der Natur zuwider wäre, vorauszusetzen, wenn ich sage, die Kanäle in den

Magnet-

Magnetsteinen, die nur der magnetischen Materie den Eintritt gestatten, seyen von ähnlicher Bauart.



Die beygefügte Figur stellt einen solchen magnetischen Kanal vor, wie ich ihn mir einbilde. Ich stelle mir ihn inwendig zottig vor, so daß die Haare von A nach B hin gerichtet sind, und sie der magnetischen Materie keine Hinderniß in Weg stellen, wenn sie von A nach B geht, weil alsdann diese Haare sich von selbst in n öffnen, um die Materie in o durchgehen zu lassen; aber eben diese Haare verschließen den Durchgang sogleich, wenn die magnetische Materie von B nach A zurücktreten wollte. Wir sehen also, worinn die Natur der magnetischen Kanäle besteht: sie gestatten nemlich der magnetischen Materie den Eintritt nur an dem Ende A, um ohne einige Hinderniß nach B zu fließen; aber es würde unmöglich seyn, daß selbige umgekehrt von B nach A durchströmte.

Diese Bauart setzt uns in den Stand zu erklären, wie die magnetische Materie in diese Röhren eintritt, und wie sie sie mit der größten Schnelligkeit durchströmt, selbst alsdenn, wenn der ganze Aether in vollkommenster Ruhe ist, welches eben das Sonderbarste ist. Denn wodurch kann eine so schnelle Bewegung hervorgebracht werden? Die Sache wird sehr deutlich werden, wenn Ew. Hoheit sich zu erinnern belieben, daß der Aether eine sehr elastische Materie ist, weswegen die zerstreute magnetische Materie von allen Seiten von ihr gedrückt wird. Dieses vorausgesetzt, sey der magnetische Kanal AB annoch ganz leer, und an seinem Eingange A befinde sich ein Kügelchen von der magnetischen Mate-

rie m, welches von allen Seiten gepreßt wird, außer von daher nicht, wo es vor dem Kanale liegt, weil der Aether nicht in den Kanal kommen kann; dieses wird mit der größten Gewalt gegen den Kanal getrieben werden, und muß also auch mit der größten Schnelligkeit hineindringen; bald wird ein anderes Kügelchen von der magnetischen Materie, womit der Aether erfüllet ist, an dem Eingange des Kanals dafür einrücken und mit derselben Gewalt hineingestoßen werden, und so immerfort, dergestalt, daß hieraus ein unaufhörlicher Fluß von magnetischer Materie durch einen solchen Kanal entstehen wird; und weil dieser Fluß in der Röhre keine Hinderniß antrifft, so wird die magnetische Materie in B mit eben der Schnelligkeit heraustreten, mit der sie in A hineingetreten ist.

Ich stelle mir also vor, jeder Magnet enthalte eine große Menge solcher Kanäle, die ich magnetische nenne, und hieraus folgt sehr natürlich, daß die in dem Aether zerstreute magnetische Materie mit großem Ungestüm durch das eine Ende in dieselben eindringen und zu dem andern herausdringen müsse; oder, besser zu geben, daß der Strom von magnetischer Materie durch die Kanäle des Magnets unaufhörlich seyn müsse. Hierdurch hoffe ich die größten Schwierigkeiten, die man in der Theorie der magnetischen Kraft antrifft, überstiegen zu haben.

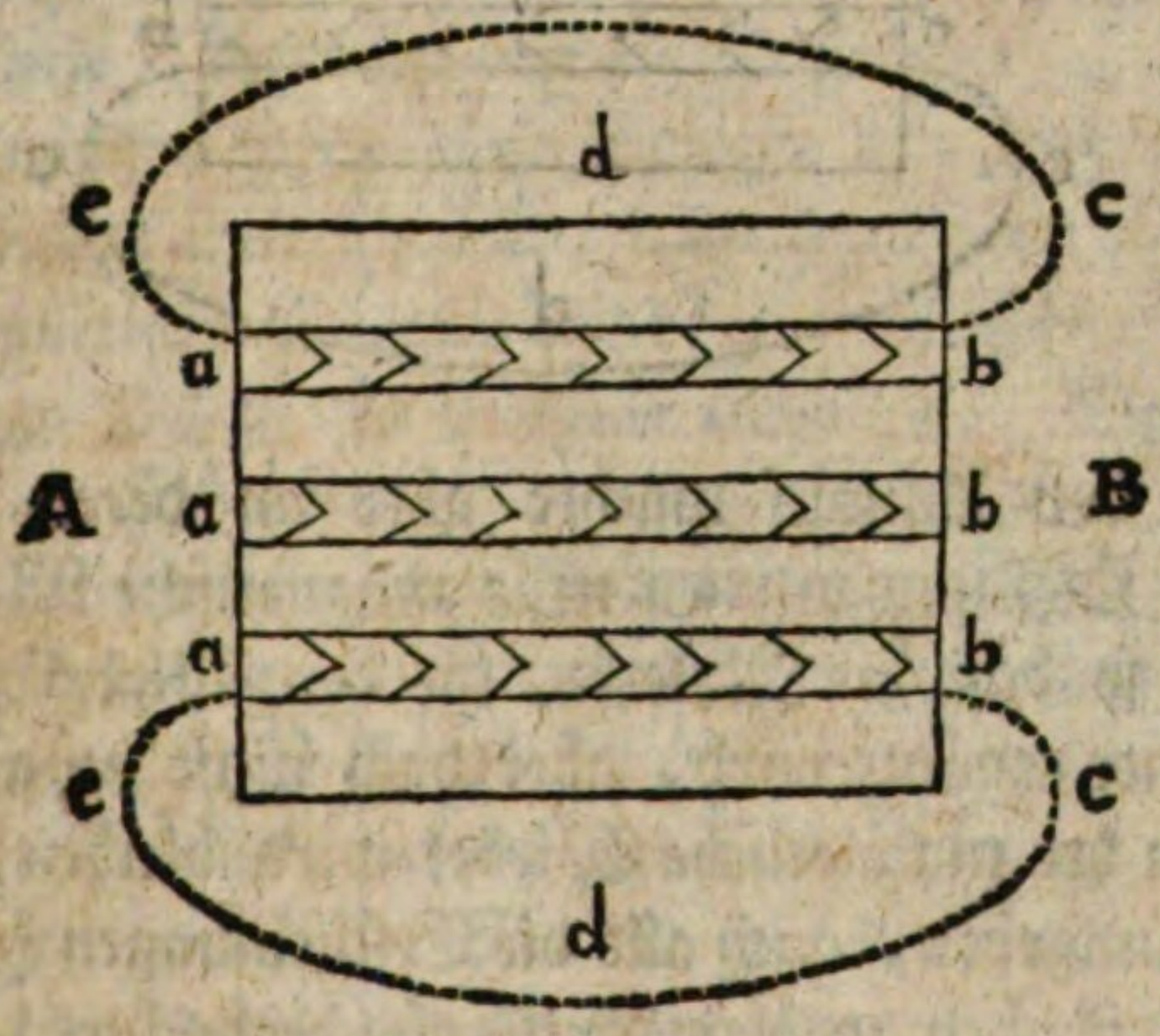
den 2ten November 1761.

Hundert und acht und siebenzigster Brief.

Ew. Hoheit haben so eben gesehen, worinne das unterscheidende Kennzeichen der Magnetsteine bestehet, nemlich, daß ein Magnet mit vielen solchen Kanälen versehen ist, von denen ich so eben eine Beschreibung gegeben habe.

Die

Die beygefügte Figur stellt einen Magnet AB vor mit drey magnetischen Kanälen ab, durch welche die magnetische Materie mit der größten Schnelligkeit fließt, indem sie durch die Oeffnungen a ein, und durch die Enden b herausdringt: sie wird zwar mit gleicher Schnelligkeit herausdringen; da sie aber sogleich mit gröberer Luft vermischten Aether antrifft, so wird sie in demselben sehr große Hindernisse finden, die der Fortsetzung ihrer Bewegung nach ihrer Richtung im Wege stehen, und dem zufolge wird ihre Bewegung nicht allein geschwächt, sondern ihre Richtung wird zugleich auch um die Gegend cc einen Umschweif nehmen. Das Nemliche wird beym Eintritte bey den Oeffnungen aaa geschehen, da wegen der Schnelligkeit, womit die Kügelchen

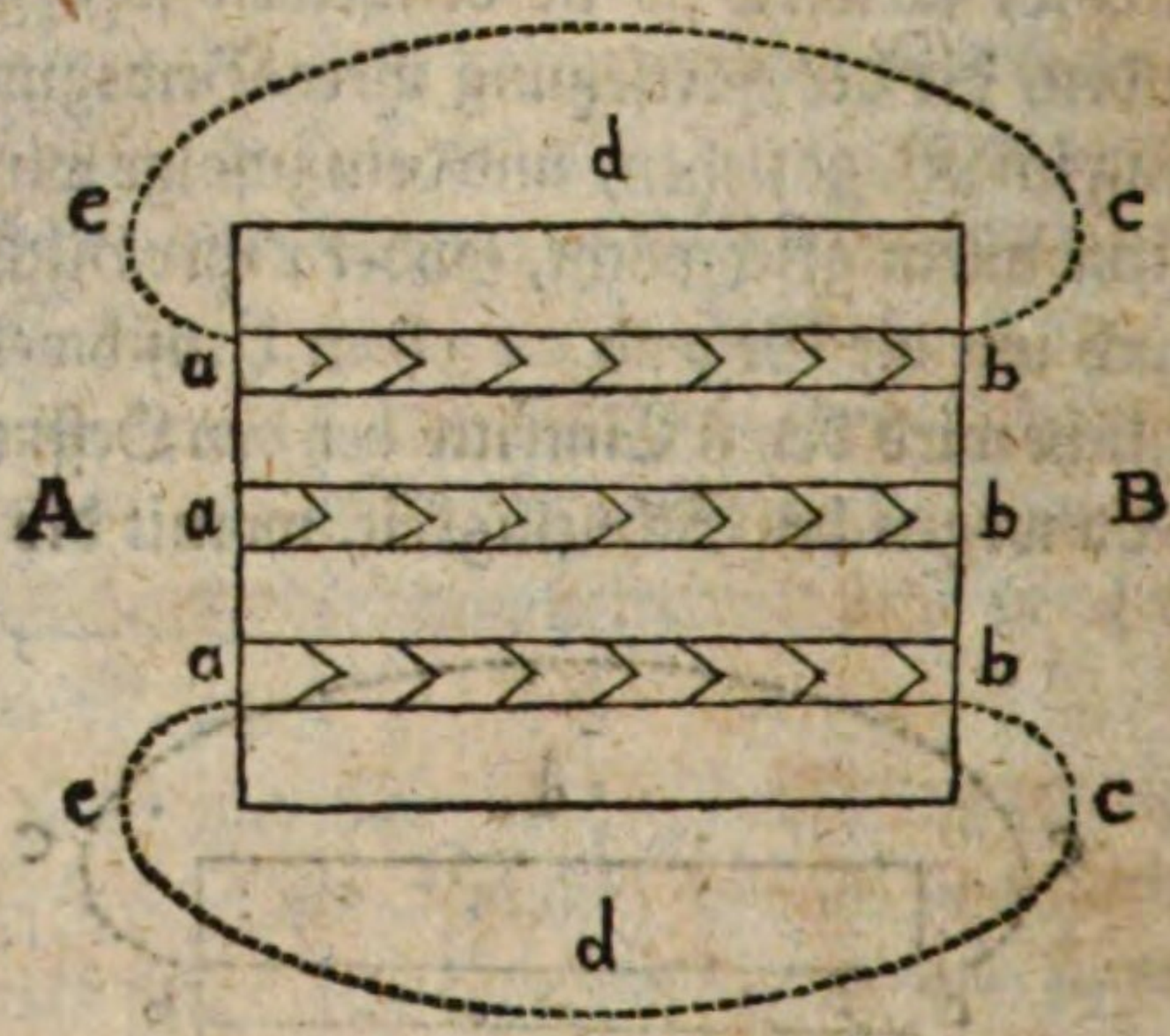


von der magnetischen Materie in diese Oeffnungen eindringen, alsbald die Reihe auch an diejenigen kommt, die annoch weiter zurücke bey ee sind, und die sofort durch diejenigen ersetzt werden, die von den Enden bbb ausgegangen sind, und schon nach cc hin sich geschwenkt haben, so daß in kurzem dieselbe magnetische Materie, die zu den Enden bbb ausgegangen war, gegen die Oeffnungen aaa zurückkehrt, indem sie den Umlauf bcdea macht; und diese Bewegung, die rings um den Magnet gemacht wird,

ist

ist eben das, was wir den magnetischen Wirbel nennen.

Unterdessen muß man sich nicht einbilden, es sey immer die unverminderte magnetische Materie, die diese Wirbel ausmacht; ein guter Theil davon wird ohne Zweifel sowohl gegen B als gegen die Seiten sich verlieren,



indem sie den Umlauf macht; aber an deren statt wird durch die Oeffnungen a a a neue magnetische Materie eindringen, so daß die Materie, die den Wirbel ausmacht, zwar immer ergänzt wird, aber doch nicht immer dieselbe ist; allein der magnetische Wirbel wird bleiben, und den Magnet umgeben, auch alle die Erscheinungen hervorbringen, die wir oben an dem Feilstaube beobachtet haben, den man rund um den Magnet streut.

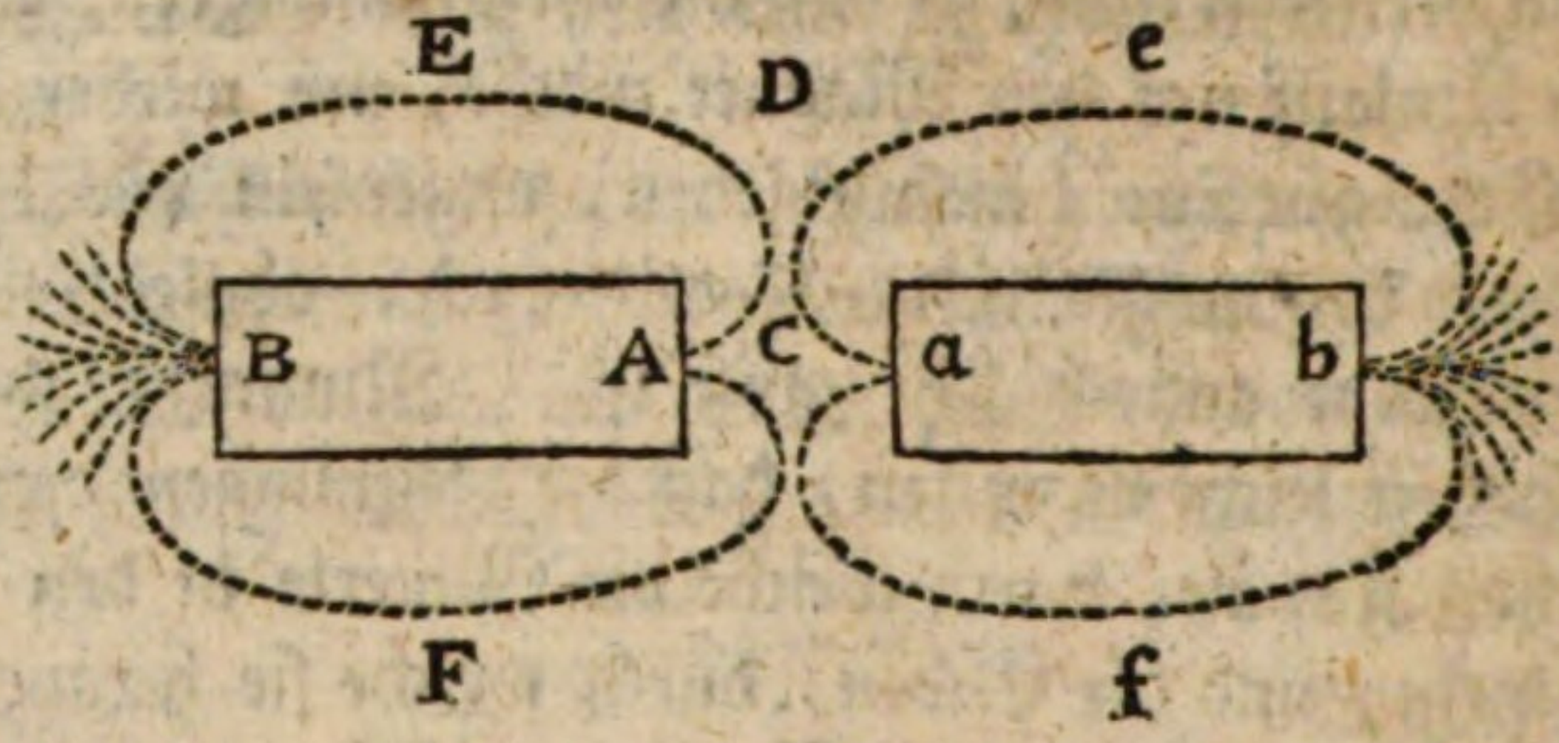
Ew. Hoheit geruhen auf diesen Umstand zu merken, daß die Bewegung der magnetischen Materie in dem Wirbel außer dem Magnet ungemein viel langsamer ist, als in den magnetischen Kanälen, wo sie von dem Aether abgesondert ist, nachdem sie durch die ganze elastische Kraft des Aethers in dieselben hineingetrieben worden, und daß sie, so bald sie heraustritt, sich von neuem mit dem Aether vermengt, und in demselben den größten Theil ihrer Bewegung

wegung verlieren muß, so daß die Geschwindigkeit, womit sie den Umlauf um den Magnet macht, um wieder durch die Oeffnungen a a a hineinzugehen, ungemein viel kleiner ist, als in den magnetischen Kanälen a b, obgleich sie für unsere Sinne annoch sehr groß ist. Nunmehr werden Ew. Hoheit leicht begreifen, daß die Oeffnungen der magnetischen Kanäle, durch welche die Materie in den Magnet hinein, und die Enden, durch welche sie herausgeht, eben das sind, was wir die Pole eines Magnets nennen; daher muß ich anmerken, daß die magnetischen Pole eines Magnets keinesweges mathematische Punkte sind, weil die ganze Stelle des Ein- oder Ausganges der magnetischen Kanäle ein magnetischer Pol ist, wie in dem zu Anfang abgebildeten Magnete, wo die ganze Vorderseite A und die Seite B desselben beyde Pole sind.

Nun werden zwar diese Pole in den nordlichen und in den südlichen unterschieden; man kann aber nicht sagen, ob die magnetische Materie durch den nordlichen oder durch den südlichen Pol in den Magnet eindringt. Ew. Hoheit werden in der Folge sehen, daß jede Erscheinung, sie mag durch das Eindringen oder Ausdringen entstehen, der andern so vollkommen ähnlich ist, daß es schlechterdings unmöglich scheint, diese Frage durch Versuche zu entscheiden. Aus diesem Grunde wird es gleichviel seyn, ob man annimmt, die magnetische Materie gehe durch den Nordpol hinein und trete durch den Südpol heraus, oder sie gehe durch den Südpol hinein und komme durch den Nordpol heraus; hieran ist wenig gelegen.

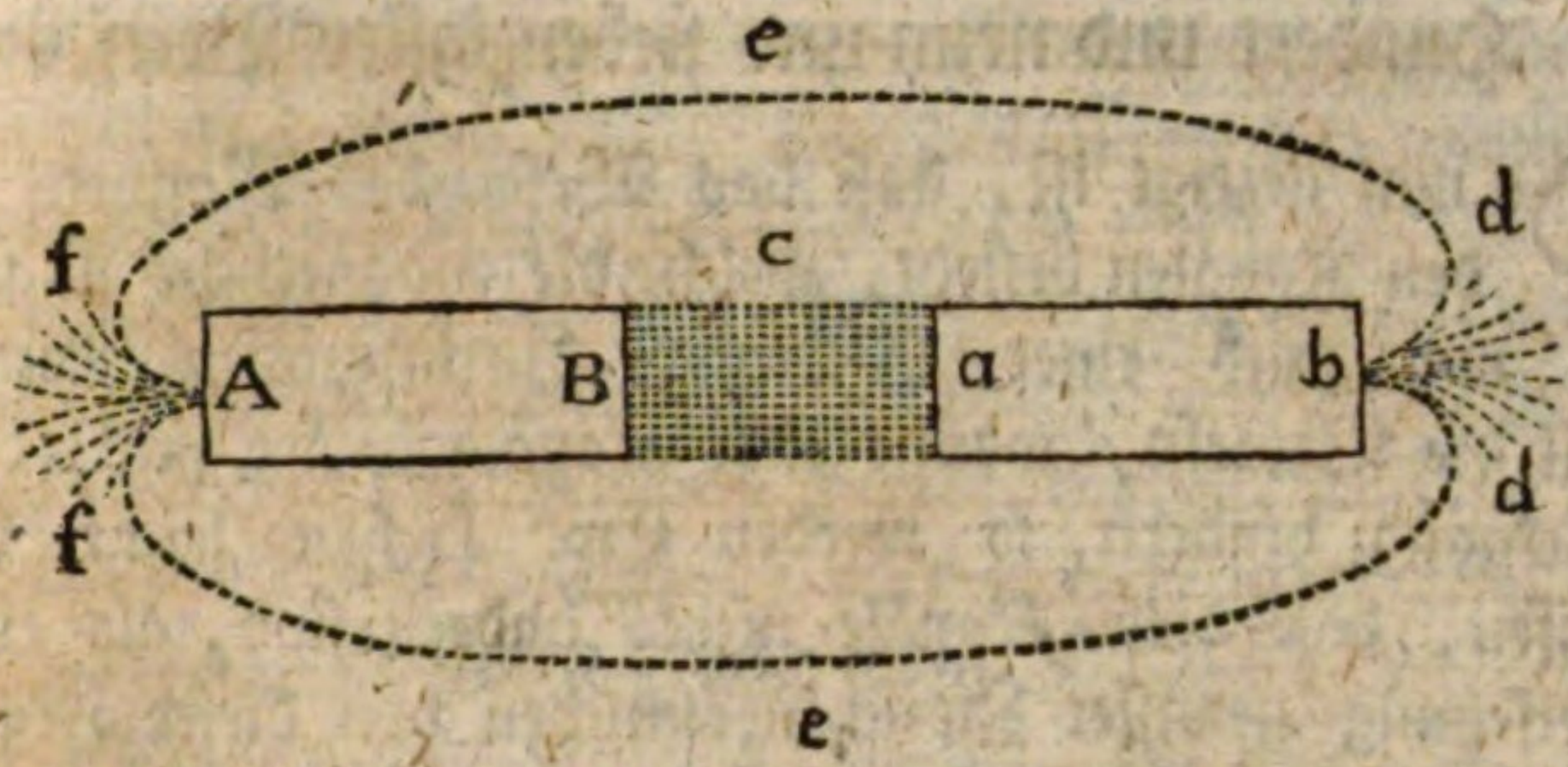
Allein, dem sey wie ihm wolle, ich will durch den Buchstaben A den Pol bezeichnen, wodurch die magnetische Materie hineingeht, und durch B den andern Pol, wodurch sie herausgeht, ohne mich darum zu bekümmern, welches der nordliche oder der südliche sey. Wir wollen jetzt nur auf die Wirbel selbst merken, um zu beurtheilen, wie zwey Maguete auf einander wirken.

Wir



Wir wollen annehmen, zwey Magnete A B und a b liegen mit den gleichnamigen Polen A, a, gegen einander, so werden ihre Wirbel einander ganz zuwider seyn. Die magnetische Materie in C wird zum Theil durch A, zum Theil durch a eindringen, und diese zwey Wirbel werden einander zu zerstören trachten. Die Materie, die von E zurückkömmt, um in A wieder einzudringen, trifft in D die Materie des andern Magnets an, die von e zurückkömmt, um wieder in a einzudringen; daher muß zwischen diesen zwey Wirbeln ein Stoß entstehen, wodurch der eine den andern zurückstößt, und diese Wirkung fällt auf die Magnete selbst zurück, die sich in dieser Lage einander zurückstoßen. Das Nemliche würde geschehen, wenn die zwey Magnete mit den andern Polen B b gegen einander lägen; darum nennt man die gleichnamigen Pole **Feinde**, weil einer den andern wegstößt.

Aber wenn die Magnete mit den ungleichnamigen Polen neben einander liegen, so wird eine entgegengesetzte Wirkung daraus entstehen, und Ew. Hoheit werden leicht einsehen, daß sie sich einander anziehen müssen.



In beygefügter Figur, wo die zween Magnetsteine mit den Polen B und a neben einander liegen, wird die magnetische Materie, die aus dem Pole B heraustritt, weil sie sogleich Gelegenheit findet, in den andern Magnet durch seinen Pol a einzudringen, nicht nach den Seiten ausweichen, um wieder in A einzutreten; sondern sie wird gerade durch C in den andern Magnet übergehen, woraus sie in b herausgehen wird; von da wird sie nach den Seiten d d herumlaufen, um nicht zum Pole a, sondern zum Pole A des andern Magnets zurückzukehren, indem sie durch e und f herumläuft. Also werden die Wirbel dieser zwey Magnete sich in einen einzigen vereinigen, als ob nur ein einziger Magnet wäre. Da nun dieser einzige Wirbel von allen Seiten von dem Aether gepreßt ist, so wird er die zwey Magnete gegen einander drücken, und es wird das Ansehen haben, als ob die zwey Magnete sich anzögen.

Dieß ist also der Grund, warum die ungleichnamigen Pole Freunde, und die gleichnamigen Feinde genennet werden; und nun begreifen Ew. Hoheit die vornehmste Erscheinung der Magnete, diese nemlich: daß die ungleichnamigen Pole sich anziehen, und die gleichnamigen sich zurückstoßen.

. den 7ten November 1761.

Hun-

Hundert und neun und siebenzigster Brief.

Da nun gezeigt ist, daß das Wesen des Magnets in den Kanälen besteht, welche die magnetische Materie nur nach einer Richtung durchstreichen kann, weil die Valveln, womit diese Kanäle besäet sind, den Rückgang hindern, so werden Ew. Hoheit leicht begreifen, daß diese Kanäle nichts anders sind, als eine Fortsetzung gewisser Zwischenräumchen von dieser Figur m n, inwendig zottig, wovon die Haare m n nach derselben Richtung gehen, so daß viele ähnliche Theilchen, zusammengefügt, und nach der nemlichen Richtung gelegt, einen magnetischen Kanal ausmachen. Also ist es nicht genug, daß die Materie des Magnets viele dergleichen Theilchen enthalte, sondern sie müssen noch überdieß so liegen, daß daraus Kanäle entstehen, die von einem Ende zum andern laufen, damit die magnetische Materie durchstreichen könne.

Nun stelle ich mir vor, daß sowohl das Eisen als der Stahl dergleichen Theilchen in großer Menge enthalten, die aber nicht so gelegen sind, wie ich so eben beschrieben habe; sie sind vielmehr durch die ganze Masse zerstreut, und es fehlt nichts als diese Lage, daß diese Körper nicht auch wahre Magnete werden. Sie behalten alsdenn ihre übrigen Eigenschaften, und unterscheiden sich von andern Stücken Eisen und Stahl nur dadurch, daß sie noch überdieß mit den Eigenschaften des Magnets begabt sind; eine Nadel oder ein Messer leisten dieselben Dienste, sie mögen die magnetische Kraft vorher erhalten haben oder nicht. Die Veränderung, die in dem Innern vorgeht, indem die Theilchen in diejenige Ordnung gelegt werden, die der Magnetismus erheischt, kann von aussen nicht bemerkt werden; ein solches Stück Eisen oder Stahl, das die magnetische Kraft erlangt, wird ein

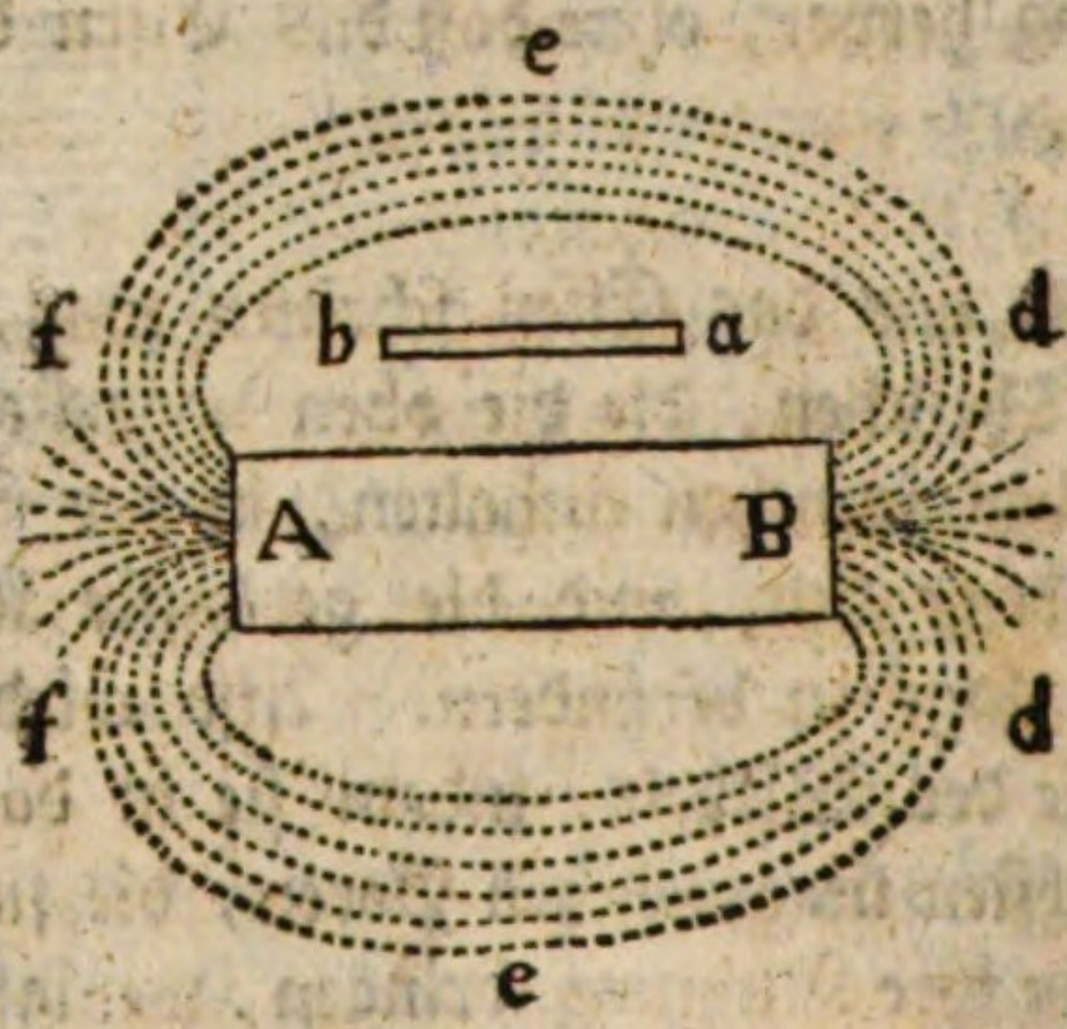
künst-

künstlicher Magnet genennt, zum Unterschied von einem natürlichen, einem Stein ähnlichen Magnete, obgleich die magnetischen Eigenschaften in dem einen wie in dem andern dieselben sind. Ew. Hoheit werden ohne Zweifel begierig seyn, zu vernehmen, auf welche Weise das Eisen und der Stahl dazu gebracht werden können, daß sie die magnetische Kraft annehmen, oder zu künstlichen Magneten werden. Die Sache ist sehr leicht, und die bloße Nachbarschaft eines Magnetsteins ist fähig, das Eisen ein wenig magnetisch zu machen; der magnetische Wirbel bringt diese Wirkung hervor, ohne daß das Eisen den Magnetstein berühre.

Wie hart uns das Eisen scheinen mag, so sind doch die kleinern Theilchen, die die oben vorgestellten magnetischen Zwischenräumchen enthalten, in der Substanz des Eisens sehr beweglich, und die geringste Kraft ist hinreichend ihre Lage zu verändern. Also wird die magnetische Materie des Wirbels, indem sie in das Eisen eindringt, die ersten magnetischen Poren, die sie darinn antrifft, leicht in ihre Richtung bringen, wenigstens diejenigen, deren Lage nicht sehr verschieden ist; und nachdem sie diese Zwischenräumchen durchgegangen, wird sie auf die nemliche Weise auf die folgenden Zwischenräumchen wirken, bis sie sich einen Weg durch das Eisen schafft, und hierdurch einige magnetische Kanäle gebildet hat. Nun trägt auch die Figur des Eisens viel dazu bey, diese Veränderung zu erleichtern; eine länglichte und nach der Richtung des Wirbels gelegte Figur ist hiezu die tüchtigste, weil die magnetische Materie, indem sie durch die ganze Länge durchgeht, viele Theilchen in ihre rechte Lage bringt, um längere magnetische Kanäle zu bilden; und es ist kein Zweifel, daß, je mehr ihrer sind, um Kanäle zu bilden, und je länger diese Kanäle ohne einige Unterbrechung sind, je stärker die Bewegung der magnetischen

Materie seyn werde, woher folglich auch die magnetische Kraft größer werden muß.

Man hat auch angemerkt, daß, wenn man ein in einem magnetischen Wirbel liegendes Eisen stark erschüttert oder schlägt, dieses dadurch einen höhern Grad von magnetischer Kraft erlangt, weil die kleinern Theilchen durch diese Schläge erschüttert, und daher biegsamer werden, daß sie der Wirkung der magnetischen Materie, die sie durchdringt, leichter nachgeben.



Also wenn man eine kleine Stange Eisen ab in den Wirbel des Magnets A B legt, so daß ihre Richtung a b ohngefähr mit der Richtung des Stroms der magnetischen Materie d e f übereinkomme, so wird sie die Stange leicht durchströmen, und in derselben magnetische Kanäle formiren, besonders wenn man die Stange zu gleicher Zeit erschüttert oder schlägt, um diesen Durchgang zu erleichtern. Auch sieht man, daß die magnetische Materie, die durch den Pol A des Magnets eindringt und zum Pol B austritt, durch das Ende a der Stange eindringen und beym Ende b heraustreten wird, so daß das Ende a mit dem Pole A, und b mit B gleichnamig werden wird. Nachgehends wenn man diese Stange a b aus dem magne-

tischen

tischen Wirbel wegnimmt, so wird sie ein künstlicher, obgleich gar schwacher Magnet seyn, der seinen eigenen Wirbel formiren und seine Kraft beybehalten wird, so lange die magnetischen Kanäle darinn nicht unterbrochen seyn werden. Nun wird dies um so viel leichter geschehen, je beweglicher die Zwischenräumchen des Eisens sind; woraus man sieht, daß der nemliche Umstand, der den Magnetismus hervorbringen hilft, auch dient, ihn zu zerstören. Ein natürlicher Magnet ist einer solchen Schwächung nicht so sehr unterworfen, weil seine Zwischenräumchen viel fester zusammenhalten, und es beträchtlichere Kräfte braucht, um sie in Unordnung zu bringen; wovon ich unten umständlicher reden werde.

Hier ist meine Absicht, die natürlichste Weise zu erklären, wie das Eisen magnetisch zu machen ist; obgleich die Kraft, die es hierdurch erlangt, sehr klein ist, so wird es uns doch dazu dienen, eine sehr merkwürdige und ziemlich allgemeine Erscheinung zu begreifen. Man hat bemerkt, daß die Feuerzangen im Kamin und andre eiserne Werkzeuge, die man gewöhnlich in einer senkrechten Lage hält, desgleichen die eisernen Stangen, die man auf die Glockenthürme stellt, mit der Zeit eine ziemlich merkliche magnetische Kraft erlangen; auch hat man wahrgenommen, daß eine eiserne Stange, wenn sie in senkrechter Lage geschlagen, oder nachdem sie glüend gemacht worden, in der nämlichen Lage in kaltes Wasser getaucht wird, ein wenig magnetisch wird, ohne daß ihr irgend ein Magnet nahe gekommen sey.

Um den Grund dieser Erscheinung einzusehen, dürfen Ew. Hoheit sich nur erinnern, daß die Erde selbst ein Magnet, und folglich mit einem magnetischen Wirbel umgeben ist, dessen wahre Richtung die Abweichung und Senkung der Magnetnadel an jedem Orte der Erde anzeigen; also, wenn eine eiserne Stange sich lange Zeit in dieser Lage befindet, so haben wir keine Ursache uns zu ver-

wundern, wenn sie magnetisch wird. Nun haben wir auch gesehen, daß hier in Berlin die Senkung der Magnetnadel 72° ist; und da sie beynahe allenthalben in Europa ohngefähr dieselbe ist, so weicht diese Senkung nur um 18° von der senkrechten Lage ab; und daher ist die senkrechte Lage nicht viel von der Richtung des magnetischen Wirbels verschieden. Also wird auch eine eiserne Stange, die man lange Zeit in senkrechter Lage gehalten hat, endlich von dem magnetischen Wirbel durchdrungen werden, und muß folglich eine magnetische Kraft erlangen.

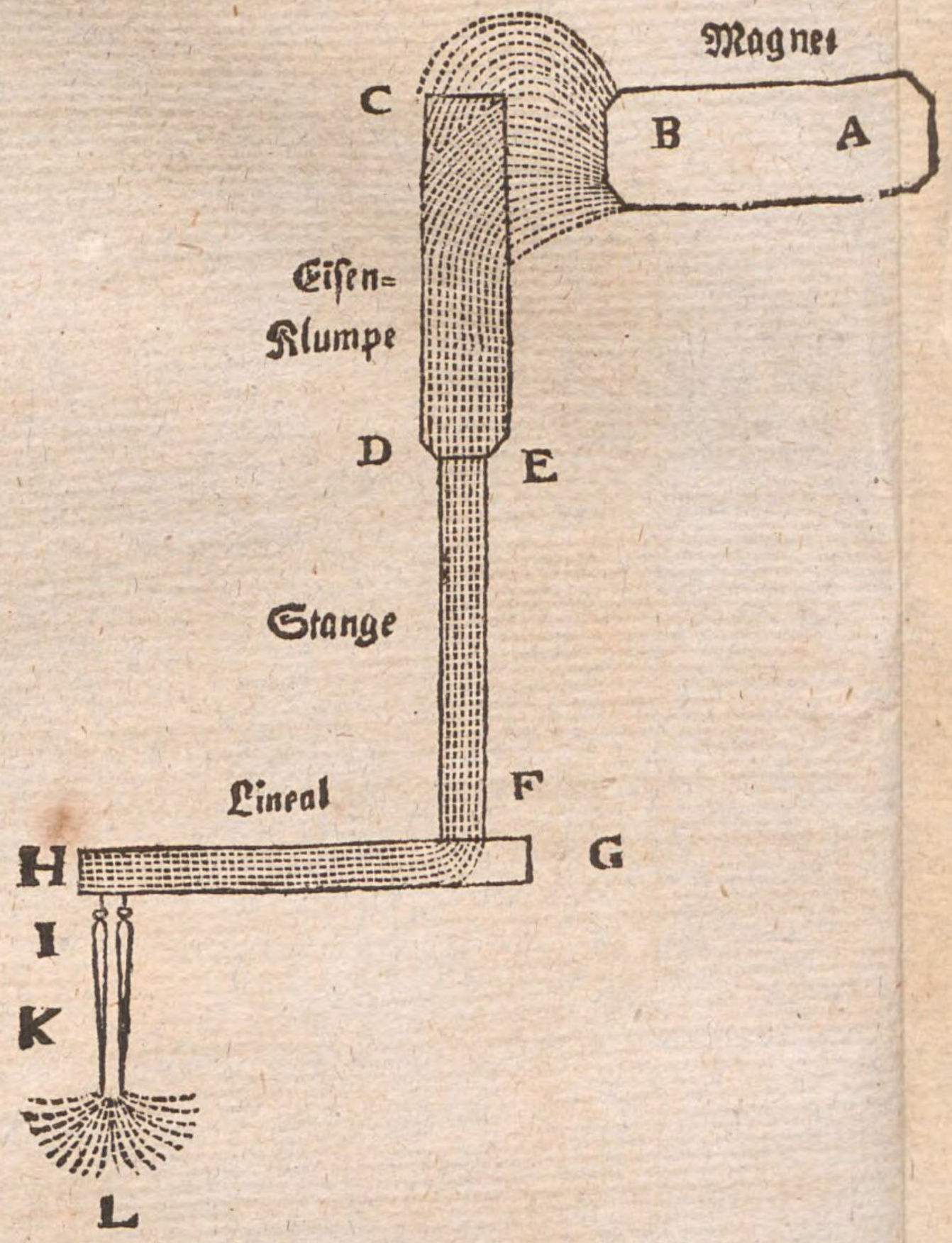
In andern Gegenden, wo die Senkung unmerklich ist, welches ohngefähr unter dem Aequator statt hat, ist es nicht mehr die senkrechte Richtung, die die eisernen Stangen magnetisch macht, man muß sie vielmehr horizontal legen, so daß ihre Richtung mit der magnetischen Abweichung übereinkomme, wenn man will, daß sie eine magnetische Kraft erlangen. Ich rede hier nur von Eisen, der Stahl ist zu dieser Absicht allzu hart, und man muß wirksamere Mittel anwenden, ihn magnetisch zu machen.

den 10ten November 1761.

Hundert und achtzigster Brief.

Obgleich die ganze Erde als ein großer Magnet betrachtet werden kann, und ob sie zwar von einem magnetischen Wirbel umgeben ist, der allenthalben den Magnetnadeln ihre Richtung ertheilt, so ist dennoch ihre magnetische Kraft sehr schwach und viel kleiner als die Kraft eines sehr mittelmäßigen Magnetsteins; welches uns wegen der ungeheuren Größe der Erde sehr befremden muß.

Allein der Grund hievon ist ohne Zweifel, daß wir von den wahren magnetischen Polen der Erde sehr weit entfernt sind, welche allem Anschein nach in einer sehr großen Tiefe begraben liegen: so stark aber ein Magnet


Magnet
C
B
A
Eisen=
Klumpe
D
E
Stange
Lineal
F
H
G
I
K
L

auch seyn mag, so ist doch seine Stärke nur ganz nahe bey ihm beträchtlich, und je weiter man sich entfernt, je kleiner wird sie und verschwindet bald. Aus diesem Grunde ist die magnetische Kraft, welche Stücke Eisen, die in dem Wirbel der Erde dazu bequem liegen, endlich erlangen, nur sehr klein und kaum zu spüren, woferne das Eisen nicht sehr weich ist, und eine Figur hat, die tüchtig ist einen Wirbel hervorzubringen, wie ich schon die Ehre gehabt habe, Ew. Hoheit bemerken zu lassen.

In der Nachbarschaft eines mittelmäßigen Magnets ist diese Wirkung weit beträchtlicher, und kleine Stücke Eisen erlangen in derselben in kurzem eine gar merkliche magnetische Kraft, auch werden sie von dem Magnet angezogen, da indeß in dem Wirbel der Erde diese Wirkung unmerklich ist, und nur darinne besteht, daß die Magnetnadeln gerichtet, aber nicht angezogen, oder schwerer gemacht werden.

Ein in den Wirbel eines Magnets gestelltes Stück Eisen zeigt uns auch sehr sonderbare Erscheinungen, die wohl eine besondere Erklärung verdienen: erstlich wird ein solches Stück nicht nur von dem Magnet angezogen, sondern es selbst zieht ebenfalls andere Stücke Eisen an. Es sey A B ein natürlicher Magnet, in dessen Nähe beym Pole B man das Stück Eisen C D legt, so wird man sehen, daß es im Stande ist, eine Stange Eisen E F zu halten. An diese Stange in F lege man annoch ein eisern Liniel G H, in welcher Lage man will, zum Exempel in horizontaler Lage, und unterstütze es in H, so wird man wahrnehmen, daß es nicht nur von der Stange in F angezogen wird, sondern daß es auch im Stande ist in H annoch Nadeln zu halten wie I K, und daß diese Nadeln noch ferner auf den Feilstaub L wirken, indem sie ihn anziehen.

Auf solche Weise kann man die magnetische Kraft auf sehr beträchtliche Entfernungen fortpflanzen, und sogar durch die verschiedene Lage dieser Eisenstücke ihre Richtung

verändern, ob sie gleich je weiter je schwächer wird. Ew. Hoheit werden auch leicht begreifen, daß diese Wirkung um so viel größer seyn muß, je stärker der Magnet AB an sich selbst ist, und je näher ihm das erste Stück CD liegt. Der verstorbene Maupertuis besaß einen großen so vortrefflichen Magnetstein, daß in einer Entfernung von vielen Schuhen das Stück Eisen CD annoch eine sehr beträchtliche Kraft ausübte.

Um diese Erscheinungen zu erklären, dürfen Ew. Hoheit nur bemerken, daß die magnetische Materie, die aus dem Pol B des Magnets schnell herauskömmt, in das Stück Eisen eindringt und daselbst die Poren so zusammen arbeitet, daß magnetische Kanäle daraus gebildet werden, die sie nachgehends frey durchstreicht. Auf gleiche Weise wird sie sich, indem sie in die Stange eintritt, magnetische Kanäle bilden u. s. w. Sobald nun die magnetische Materie aus dem einen Körper aus und in einen andern eingeht, müssen diese zween Körper einander gegenseitig anziehen aus eben dem Grunde, aus dem ich bewiesen habe, daß zwey Magnete, die ihre befreundeten Pole einander zukehren, sich anziehen müssen; und so oft wir sehen, daß zwey Eisen einander anziehen, so können wir sicher schließen, daß die magnetische Materie, die aus dem einen ausgeht, in den andern eindringe, wegen der unaufhörlichen Bewegung, womit sie diese Körper durchströmt. Auf solche Art streicht in der abgebildeten Zusammenfügung der Eisenstücke die magnetische Materie durch sie alle hin; und dieß ist der wahre Grund, warum sie sich gegenseitig anziehen.

Die nemlichen Erscheinungen erfolgen auch ohne einigen Unterschied, wenn man den andern Pol A des Magnets, wo die magnetische Materie hineingeht, gegen das Stück Eisen kehrt: alsdenn geschieht die Bewegung, auf demselben Wege, nach einer entgegengesetz-

ten

ten Richtung. Die in dem Stück Eisen enthaltene magnetische Materie wird aus demselben herausfahren, und sich in den Magnet hineinstürzen; indem sie aber entwischt, wird sie die nemlichen Kräfte anwenden, um die Zwischenräumchen in demselben in eine bequeme Lage zu bringen, als wenn sie mit derselben Schnelligkeit in das Eisen eindränge. Zu diesem Ende muß das Eisen allerdings ziemlich weich, und seine Zwischenräumchen müssen sehr biegsam seyn, wenn sie den Bemühungen der magnetischen Materie nachgeben sollen. Die einzige Bedenklichkeit, die Ew. Hoheit hiebey antreffen werden, wird ohne Zweifel diese seyn: warum die magnetische Materie, wenn sie in ein anderes Stück Eisen eindringt, ihre Richtung ändere, und sich nach der Länge dieser Stücke richte, wie ich ihren Lauf in der Figur vorgestellt habe? Es ist dieses ein sehr wichtiger Punkt in der Theorie des Magnetismus, der uns zeigt, wie viel die Figur der Eisenstücke zur Hervorbringung der magnetischen Erscheinungen beyträgt.

Diesen Umstand zu erklären, muß man sich erinnern, daß unsre subtile Materie sich sehr leicht durch die magnetischen Zwischenräumchen bewegt, wo sie von dem Aether abgesondert ist, und daß sie sehr beträchtliche Hindernisse antrifft, wenn sie aus den magnetischen Poren mit ihrer erstaunlichen Geschwindigkeit herausfährt, um wieder in den Aether und in die Luft einzutreten.

Wir wollen annehmen, die magnetische Materie, nachdem sie den eisernen Stab CD durchstrichen, gehe in das senkrecht gestellte eiserne Linial EF hinein. Indem sie hineingeht, wird sie auch die nemliche Richtung behalten, um in m herauszugehen, wenn sie nicht einen leichtern Weg zur Fortsetzung ihrer Bewegung findet. Nun trifft sie aber in m die größten Hindernisse an, mithin senket sie gleich ihre Richtung ein wenig gegen F, wo sie, weil sie Zwischenräumchen zur Fortsetzung ihrer Bewegung antrifft, je länger je mehr von ihrer ersten Richtung abweichen wird, um das Linial EF in seiner ganzen Länge zu durchstreichen. Die magnetische Materie fürchtet sich gleichsam aus dem Eisen auszugehen: sie trachtet, ihre Bewegung innerhalb dem Eisen fortzusetzen, so lange es möglich ist, und die Länge dieses Linials verschafft ihr hier diese Bequemlichkeit; wäre es sehr kurz, so würde die magnetische Materie ohne Zweifel in m herausgehen; aber nun folgt sie in ihrer Bewegung der Richtung EF, welche die Länge des Linials ihr anbietet, bis sie genöthigt ist, in F herauszugehen, weil alle nach der nemlichen Richtung gebildete magnetische Kanäle nicht gestatten, daß die

sub-

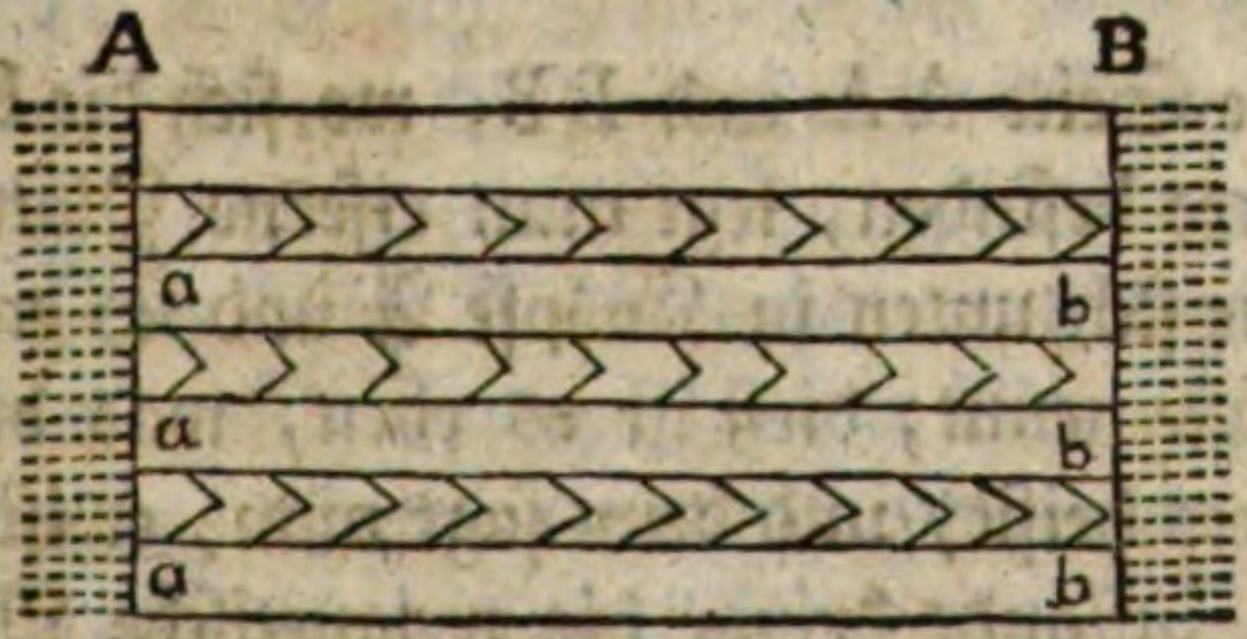
subtile Materie nahe bey F noch einmal ihre Richtung ändern und längst dem Linial zurückgehen könne. Denn diese Kanäle sind nicht nur mit der nachfolgenden Materie angefüllt, sondern auch ihrer Natur nach unfähig, eine Bewegung in umgekehrter Richtung zu gestatten.

den 14ten November 1761.

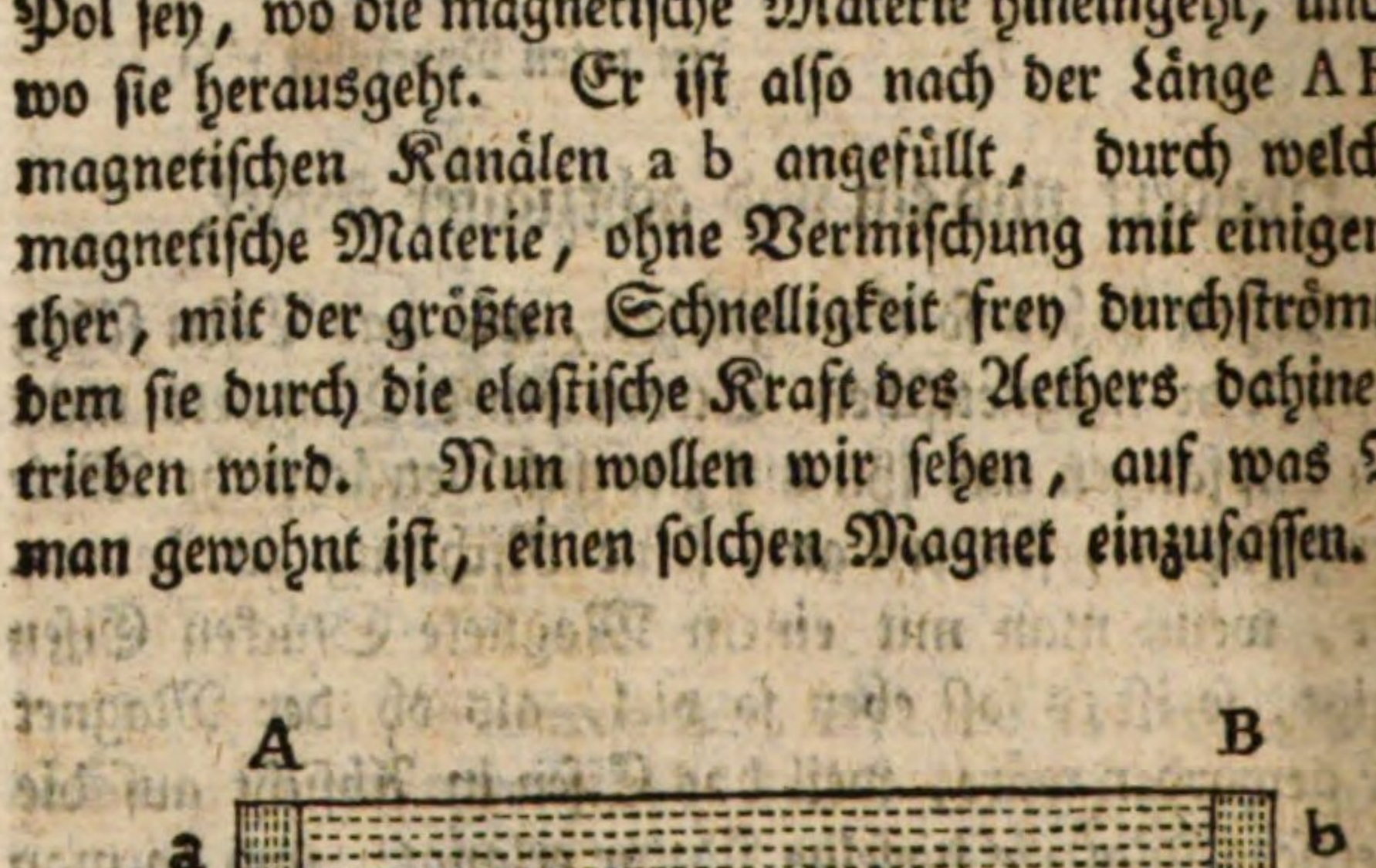
Hundert und ein und achtzigster Brief.

Ew. Hoheit haben so eben gesehen, wie das Eisen fähig ist, den magnetischen Strom eines Magnets nicht nur zu empfangen und ihn auf ziemlich beträchtliche Weiten fortzuführen, sondern auch seine Richtung zu ändern. Daher, wenn man mit einem Magnete Stücken Eisen vereinigt, so ist es fast eben so viel, als ob der Magnet größer geworden wäre, weil das Eisen in Absicht auf die magnetische Materie dieselbe Natur erlangt; und da man durch dieses Mittel annoch die Richtung des magnetischen Stroms verändern kann, so kann man die Pole hin verlegen, wohin man will, weil sie die Stellen sind, wo die magnetische Materie in den Magnet ein und von ihm ausgeht.

Auf diesen Gründen beruht die Einfassung der Magnete, die wohl verdient, daß ich Ew. Hoheit hier einen Begriff davon gebe, weil die Kraft des Magnets dadurch verstärket wird.



Gemeiniglich giebt man den Magneten, wenn man sie aus den Erzgruben zieht, die Figur eines Parallelepipedum oder eines rechtwinklichten Parallelogramms in einer Dicke wie A A B B, (s. die Figur auf der vorhergehenden Seite,) an welchem die Seite A A der Pol sey, wo die magnetische Materie hineingeht, und B B, wo sie herausgeht. Er ist also nach der Länge A B mit magnetischen Kanälen a b angefüllt, durch welche die magnetische Materie, ohne Vermischung mit einigem Aether, mit der größten Schnelligkeit frey durchströmt, indem sie durch die elastische Kraft des Aethers dahinein getrieben wird. Nun wollen wir sehen, auf was Weise man gewohnt ist, einen solchen Magnet einzufassen.



An jede Seite A A und B B, wo sich die beyden Pole des Magnets befinden, legt man eiserne Platten a a und b b auf, die sich unten in Knöpfe A und B endigen, die man die Füße nennt; dieß ist es eben, was die Armatur des Magnets heißt, und denn sagt man, er ist bewaffnet. In diesem Zustande dringt die magnetische Materie, die durch die Seite B B herausfährt, in die eiserne Platte b b, wel-

welches sie hindert, geradefort in die Luft zu entwischen, und dafür nöthigt, ihre Richtung zu ändern, um längst der Platte b b in den Fuß B zu fließen, wo sie wohl gezwungen ist herauszutreten, weil sie kein Eisen mehr findet, worinn sie ihre Bewegung fortsetzen könnte. Auf der andern Seite verhält sichs eben so; alle subtile Materie wird durch den Fuß A hineingeführt, woraus sie in die Platte a a tritt, und daselbst ihre Richtung ändert, um in den Magnet einzudringen, und die magnetischen Kanäle durchzulaufen. Denn erstlich dringt die in der Platte enthaltene subtile Materie in den Magnet ein, und auf diese folgt diejenige, die sich in dem Fuße A befindet, und immer wieder durch die von außen ersetzt wird, weil diese durch die Elasticität des Aethers in den Fuß A und die Platte a a mit einer Schnelligkeit eingetrieben wird, die kräftig genug ist, die Pole zu ordnen und magnetische Kanäle zu bilden.

Hieraus sieht man, daß auf beyden Seiten die Bewegung die nemliche seyn muß, mit dem einzigen Unterschiede, daß die magnetische Materie durch den Fuß A hinein, und durch den andern Fuß B herausdringen wird, so daß sich nun die Pole des bewaffneten Magnets in diesen Füßen befinden; und da die Pole, die vorher in den Seiten A A und B B zerstreut waren, nunmehr in den Grundflächen der Füße A und B vereint sind, so ist es sehr natürlich, daß die magnetische Kraft in diesen neuen Polen beträchtlich größer seyn muß.

Auch wird in diesem Zustande der magnetische Wirbel sich leichter bilden; die magnetische Materie, die aus dem Fuße B ausgeht, wird leichter zurückkehren, indem sie durch C in den Fuß A übergeht, und das übrige des Magnetkörpers wird nun von keinem Wirbel mehr umgeben seyn, außer daß etwas weniges von magnetischer Materie durch die Platte b b entwischt, weil sie nicht schnell genug ihre Richtung ändern kann; und daß auch ein we-

nig

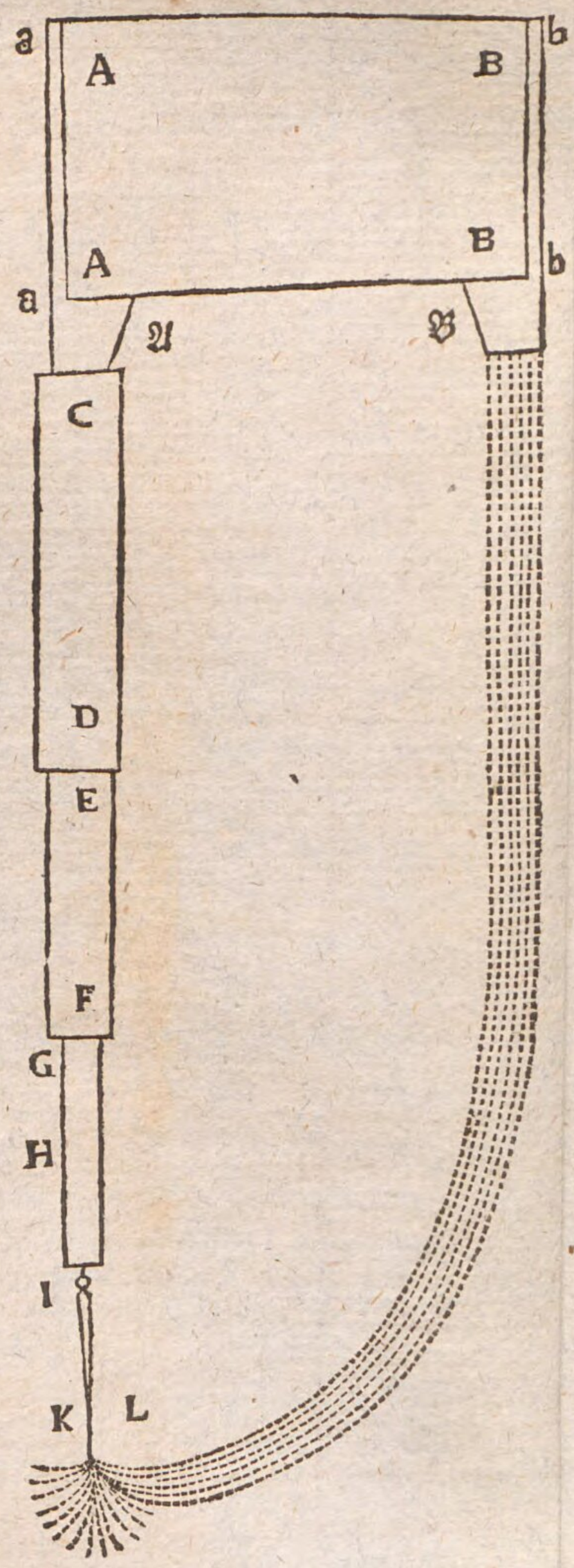
nig davon durch die Platte a a eindringt, woher ebenfalls ein schwacher Wirbel entstehen könnte, der die subtile Materie unmittelbar durch die Platte b b in a a führen würde; indessen wenn die Einfassung gut gemacht ist, so ist dieser andre Wirbel fast unmerklich, und folglich der Strom zwischen den Füßen um so viel größer.

Die vornehmste Regel, Magnete gut einzufassen, ist, daß man sowohl die beyden Seitenflächen A A und B B des Magnets als die eisernen Platten wohl polire, so daß sie, wenn man sie auflegt, den Magnet allenthalben vollkommen berühren. Der Grund hievon ist sehr einleuchtend, weil die subtile Materie leicht aus dem Magnete ins Eisen übergeht, wenn keine andere Materie dazwischen liegt; aber sobald sich zwischen dem Magnet und den Platten ein leerer Raum oder Luft befindet, so verliert die magnetische Materie beynahe alle ihre Bewegung darinn, ihr Lauf wird unterbrochen und zu schwach, um sich durch das Eisen einen Weg zu bahnen und magnetische Kanäle darinn zu bilden.

Ferner ist das weicheste Eisen zu dergleichen Einfassungen das allerschicklichste, weil seine Poren sehr biegsam sind, und sich gar leicht nach dem Strome der magnetischen Materie richten; auch scheint ein solches Eisen sehr tüchtig zu seyn, die Richtung des Stroms plötzlich zu ändern: denn die magnetische Materie scheint ihren Lauf so lange als möglich in demselben fortzusetzen zu suchen, und nicht eher herauszugehen, als wenn es ihr nicht mehr möglich ist, ihre Bewegung darinn fortzusetzen; sie will lieber die größten Umwege machen, als es verlassen. Dieß geschieht im Magnete selbst nicht, weil die magnetischen Kanäle darinne schon gebildet sind, auch im Stahle nicht, dessen Zwischenräumchen den magnetischen Strom nicht so leicht durchdringen lassen. Aber wenn dergleichen Kanäle im Stahl einmal gebildet sind, so dauren sie auch weit länger, und behalten dadurch ihre magnetische Kraft bey,

da

Dritter Theil. Hundert und zwey und achtzigster Brief.
Seite 125.



da indeß das weiche Eisen, so groß auch seine Kraft in der Nähe eines Magnets gewesen seyn mag, dieselbe fast ganz verliert, sobald man es davon wegnimmt.

Was die andern Umstände der Einfassung angeht, so muß man die Erfahrung zu Rathe ziehen, z. E. in Absicht auf die Dicke der Platten findet man, daß eine allzugroße Dicke eben so schädlich ist, als eine allzugeringe; aber mehrentheils sind die schicklichsten Platten sehr dünne; dieß möchte uns sehr befremden, wenn wir nicht wüßten, daß die magnetische Materie noch weit subtiler ist, als der Aether, und daß folglich die allerdünnste Platte hinreichend ist, eine sehr große Menge davon aufzunehmen.

den 17ten November 1761.

Hundert und zwey und achtzigster Brief.

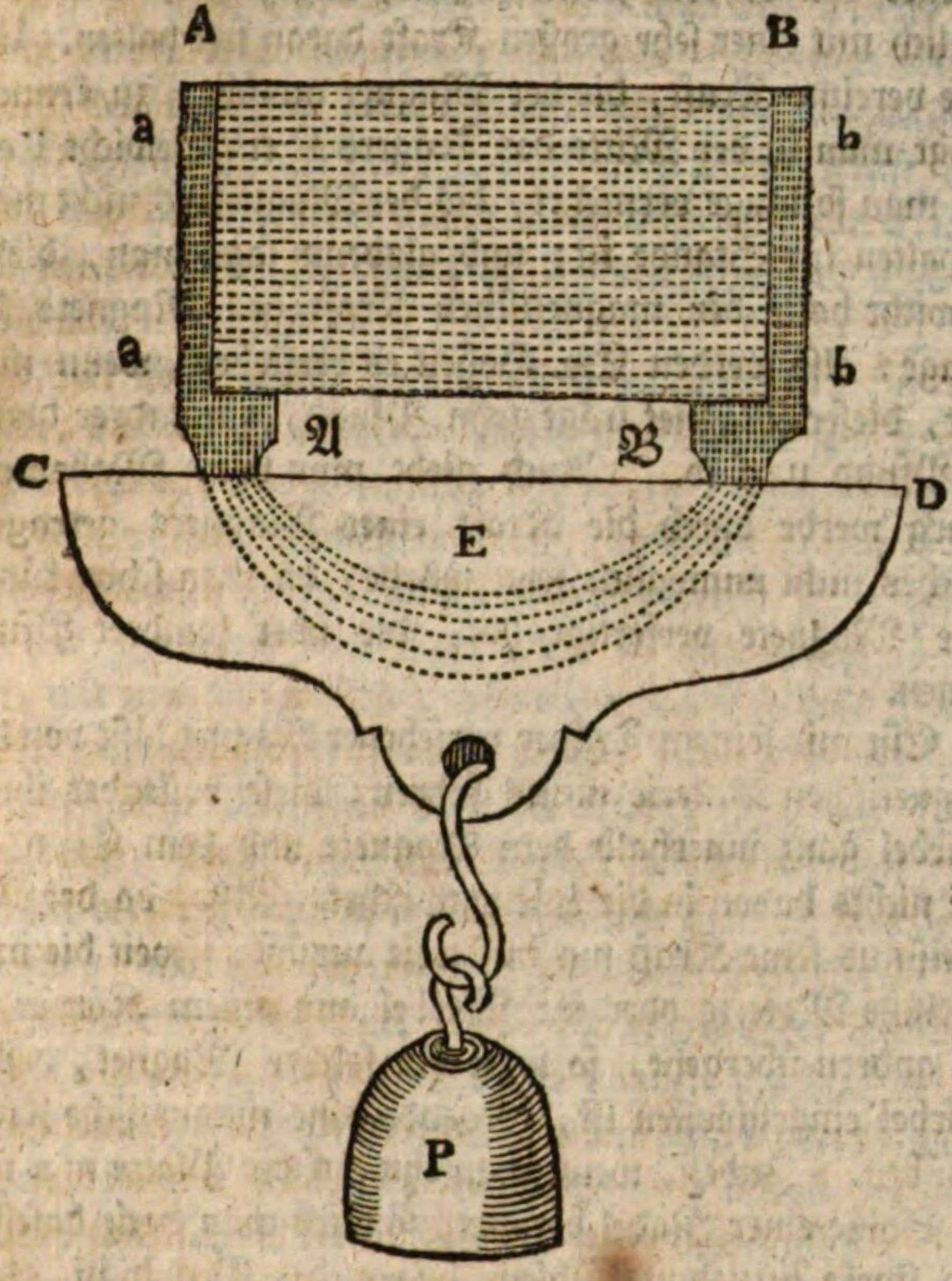
An den Füßen der Einfassung übt also ein bewaffneter Magnet seine größte Kraft aus, weil seine Pole darinn vereint sind; und jeder Fuß ist im Stande, ein eisernes Gewicht zu tragen, das um so viel größer seyn kann, je besser und vortrefflicher der Magnet ist.

Also wird ein Magnet A A B B mit eisernen Platten a a und b b eingefaßt, die sich in die Füße A und B endigen, nicht nur an dem Fuße A das eiserne Linial CD tragen, sondern dieses wird annoch ein kleineres E F, dieses ein anderes noch kleineres G H, und dieses noch eine Nadel I K tragen, die zuletzt Feilstaub L anziehen wird. Der Grund hievon ist, daß die magnetische Materie alle diese Stücke der Reihe nach durchströmt, um in den Pol A einzudringen; (wäre es der andre Pol, durch welchen die magnetische Materie aus dem Magnete herausgeht, so würde sie auf die nemliche Weise die Stücke CD, EF, GH, IK, der Reihe nach durchströmen;) man beobachtet aber jedesmal, wenn die Materie aus einem Stücke Eisen heraus, und in ein anderes hineingeht, eine Anzie-

hung

hung zwischen diesen beyden Stücken, oder sie werden durch den umgebenden Aether zusammengedrückt, weil der Strom der magnetischen Materie zwischen ihnen den Druck des Aethers vermindert.

Wenn man auf diese Weise den einen von den Polen des Magnets beschweret, so leidet sein Wirbel eine sehr wesentliche Veränderung in der Richtung; denn da ohne diese Beschwerung die magnetische Materie, die aus dem Pole B ausgeht, ihren Lauf ändert und gegen den andern Pol A strömt, jetzt aber der unmittelbare Eingang in diesen Pol durch die angehängten Stücke versperrt ist, so muß die Materie, die aus dem Pole B ausgeht, wohl einen ganz andern Weg nehmen, der sie endlich zu dem letzten Stücke IK führe. Ein Theil derselben wird ohnstreitig auch zu GH und zu den obern Anhängen gebracht werden, weil die untern, da sie kleiner sind, den obern nicht Materie genug zuführen; indessen wird doch immer ein Wirbel seyn, der sich bis zum letzten Anhang erstrecket. Durch dieses Mittel, wenn man alle Stücke sowohl in Absicht auf die Länge als Dicke in gehöriges Verhältniß gegen einander setzt, ist der Magnet im Stande, weit mehr zu tragen, als wenn man ihn nur mit einem einzigen Stück beladet, wobey auch auf die Figur viel ankommt. Um ihm aber die möglich größte Ladung tragen zu machen, muß man es so einrichten, daß beyde Pole ihre Kräfte vereinigen.



Zu diesem Ende bringt man an die beyden Pole A und B ein Stück weiches Eisen CD, welches die Grundflächen der Füße vollkommen berührt, und dessen Figur so seyn muß, daß die magnetische Materie, die aus B ausgeht, den bequemsten Uebergang antreffe, um durch das andere Ende A wieder hineinzugehen; ein solches Stück Eisen wird der Träger des Magnets genannt; und da in B die magnetische Materie, die aus dem Magnet herausgeht, in denselben eintritt, und in A, beym Austritt aus dem Träger, in den Magnet eintritt, so wird der

Trä-

Träger von beyden Polen zugleich angezogen, und wird folglich mit einer sehr großen Kraft daran fest halten. Um diese vereinte Kraft, die der Magnet ausübt, zu kennen, hängt man in der Mitte des Trägers E ein Gewicht P an, das man so lange vermehrt, bis der Magnet es nicht mehr zu halten im Stande ist; und alsdenn sagt man, dieses Gewicht halte der magnetischen Kraft des Magnets die Wage: also werden Ew. Hoheit es verstehen, wenn man sagt, dieser Magnet trägt zehn Pfund, ein andrer dreyßig Pfund u. s. w. Auch giebt man vor, Mahomeds Sarg werde durch die Kraft eines Magnets getragen, welches nicht unmöglich seyn würde, da man schon künstliche Magnete verfertigt hat, die über hundert Pfund tragen.

Ein mit seinem Träger versehener Magnet läßt von der magnetischen Materie nichts fahren; diese vollendet ihren Wirbel ganz innerhalb dem Magnete und dem Eisen, so daß nichts davon in die Luft entwischet. Also, da der Magnetismus seine Kraft nur in soweit ausübt, soweit die magnetische Materie oder ihr Wirbel aus einem Körper in den andern übergeht, so sollte ein solcher Magnet, dessen Wirbel eingeschlossen ist, nirgends eine magnetische Kraft ausüben. Indeß, wenn man ihn auf der Platte in a mit der Spitze einer Nadel berührt, so wird man doch daselbst eine starke Anziehung fühlen, wovon der Grund ist, daß die magnetische Materie genöthigt war, auf einmal ihre Richtung zu ändern, um in die Kanäle des Magnets einzutreten, nun aber einen bequemern Weg findet, indem sie die Nadel durchläuft, und dadurch wird sie an die Platte a a angezogen. Aber eben dadurch wird der Wirbel inwendig in Unordnung gebracht, und fließt nicht mehr so häufig in die Füße; und wenn man die Platte mit vielen Nadeln berührt, oder wenn man stärkere eiserne Liniale daran hält, so wird man den durch die Füße gehenden Strom gänzlich zerstören, und die Kraft, die den Träger

an-

anzieht, wird verschwinden, so daß man den Träger sehr leicht davon wird abnehmen können. Hieraus erkennt man, daß die Füße gerade so viel von ihrer magnetischen Kraft verlieren, als der Magnet anderwärts Kraft ausübt; und hieraus kann man viele außerordentliche Erscheinungen erklären, die ohne diese Theorie schlechterdings unauflöslich seyn würden.

Hier ist der Ort, den Versuch anzuführen, der uns lehret, daß man, nachdem an einem Magnet sein Träger angebracht ist, das Gewicht, das er zu tragen fähig ist, von Tag zu Tag vermehren kann, und daß er zuletzt ein Gewicht tragen wird, das öfters das erstere, so er getragen hat, zweymal übersteigt. Es ist also nöthig zu zeigen, wie mit der Zeit die magnetische Kraft in den Füßen der Einfaßung größer werden könne. Nun aber lehrt uns der oben angeführte Fall über die Verwirrung des Wirbels, daß, sobald man den Träger angedrückt hat, der Strom der magnetischen Materie annoch ziemlich unordentlich sey, und daß ein guter Theil davon noch durch die Platte b b entwische, auch daß sie sich erst mit der Zeit magnetische Kanäle durch das Eisen bahnen müsse: es ist wahrscheinlich, daß, wenn der Strom ungehinderter worden ist, in dem Magnete selbst sich neue bilden werden, weil er neben seinen festen Kanälen noch bewegliche Poren wie das Eisen enthält. Aber sobald man den Träger losreißt, wodurch der Strom in Unordnung geräth, und diese neue Kanäle größtentheils zerstört werden, so wird die Kraft plötzlich wieder so klein, als sie zu Anfang gewesen, und man muß von neuem einige Zeit warten, bis diese Kanäle samt dem Wirbel wieder in ihren vorigen Stand gestellt sind. Ich hatte ehemals einen solchen künstlichen Magnet verfertigt, der anfangs nur zehn Pfund trug, und nach einiger Zeit war ich sehr erstaunt, als ich sah, daß er mehr als dreyßig Pfund trug. Uebrigens bemerkt man dieß vornemlich an den künstlichen Magneten, daß

die Zeit allein sie sehr beträchtlich verstärkt, daß aber auch die Vermehrung der Kraft nur so lange dauert, als man den Träger nicht davon losreist.

den 21sten November 1761.

Hundert und drey und achtzigster Brief.

Nachdem ich Ew. Hoheit die Natur der Magnete überhaupt zu erklären die Ehre gehabt habe, so bleibt mir noch ein so sonderbarer als wichtiger Punkt übrig, der die Weise betrifft, wie man dem Eisen und vornemlich dem Stahle die magnetische, und sogar die möglich größte Kraft mittheilet.

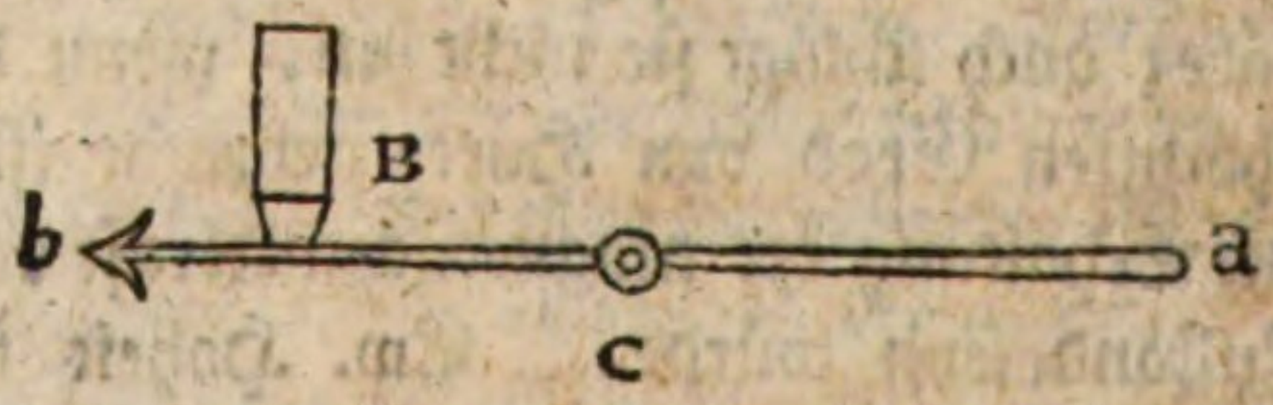
Ew. Hoheit haben gesehen, daß, wenn man Eisen in den Wirbel eines Magnets legt, dasselbe eine magnetische Kraft erlangt, die aber beynahe ganz verschwindet, so bald man es von dem Magnete entfernt, und daß der blosse Wirbel der Erde im Stande ist, dem Eisen mit der Zeit eine leichte magnetische Kraft mitzutheilen; allein da der Stahl härter ist als das Eisen, so ist er gegen diese Wirkung eines magnetischen Wirbels fast ganz unempfindlich, es sind wirksamere Mittel nöthig, um ihn magnetisch zu machen, aber alsdenn behält er auch diese magnetische Kraft weit länger bey.

Zu diesem Ende muß man seine Zuflucht zum Streichen und sogar zum Reiben nehmen. Ich werde also damit anfangen, daß ich erkläre, wie man es ehemals angefangen hat, die Nadeln, deren man sich in den Kompassen bedient, magnetisch zu machen. Dieses ganze Verfahren bestand einzig darinn, daß man sie an einem Pole eines sehr guten nackten oder bewaffneten Magnets strich.

Man legte die Nadel a c b auf einen Tisch, und strich mit dem Pole B des Magnetes über b gegen a weg, und wenn man zum Ende a gekommen war, hob man den Magnet ziemlich in die Höhe und brachte ihn durch die Luft wieder in b; man wiederholte diese Operation mehreremal hintereinander, und nahm sich dabey immer wohl in Acht, daß der andre Pol des Magnets der Nadel nicht nahe kam, weil er alles verderben würde. Nachdem man den Pol B des Magnets etlichemal über die Nadel weg von b nach a gestrichen, so wird man sehen, daß die Nadel magnetisch geworden, und daß das Ende b der Pol gleiches Namens mit dem Pole des Magnets seyn wird, mit dem man gestrichen hat. Also, wenn man will, daß das Ende b der Nordpol werde, so muß man mit dem Nordpole des Magnets von b gegen a streichen; wollte man aber mit dem Südpole des Magnets streichen, so müßte man ihn beym Ende a ansetzen, und gegen das Ende b hinüberfahren.

Diese Weise zu reiben oder zu streichen heißt der einfache Strich, weil man nur mit einem einzigen Pole streicht; allein sie ist sehr mangelhaft und theilt der Nadel nur wenig Kraft mit, wenn gleich der Magnet sehr vortrefflich wäre; auch schlägt sie nicht an, wenn der Stahl auf den höchsten Grad von Härte gebracht ist, welches doch für die Erhaltung der magnetischen Kraft der vortheilhafteste Zustand seyn würde. Ew. Hoheit können die Mängel dieses Verfahrens mit dem einfachen Striche selbst gar leicht beurtheilen.

Wir wollen annehmen, B sey der Pol des Magnets, wo die magnetische Materie herausgeht, weil die Wirkungen der beyden Pole so ähnlich sind, daß es unmöglich ist, den geringsten Unterschied dabey zu bemerken. Nachdem man den Pol auf das Ende b der Nadel gelegt hat, dringt die magnetische Materie mit aller der Schnelligkeit hinein, mit der sie sich in dem Magnete bewegt und die ungemein viel größer ist, als die Geschwindigkeit des Wirbels, der außer dem Magnete in der Luft ist; aber was wird aus dieser Materie in der Nadel werden? Durch das Ende b kann sie nicht ausgehen, sie wird sich also bemühen, durch die Nadel gegen a durchzudringen, und der Pol B wird, indem er nach der nemlichen Seite hingeht, diese Bemühungen begünstigen; allein, sobald der Pol B nach a gekehrt ist, wird die Schwierigkeit, durch das Ende a auszugehen, entgegengesetzte Bemühungen verursachen, wodurch die magnetische Materie von a nach b getrieben wird; und bevor die erste Wirkung gänzlich zernichtet ist, kann diese nicht statt haben. Nachgehends wenn man den Pol B von neuem auf das Ende b bringt, zerstört man diese letzte Wirkung wieder, ohne jedoch einen entgegengesetzten von b nach a laufenden Strom hervorzubringen; und folglich, wenn der Pol B über c hinaus gegen a gekommen ist, wird er weit leichter einen Strom von a nach b hervorbringen, besonders wenn man auf die Hälfte c a stärker drückt: woraus klar ist, daß die Nadel nur wenig magnetische Kraft erlangen kann.

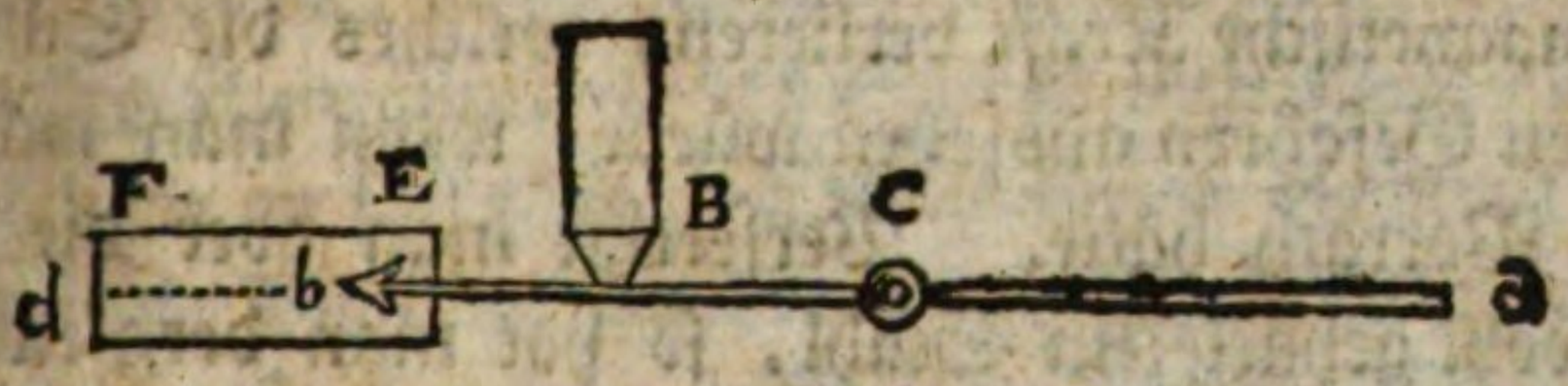


Einige bestreichen auch nur die Hälfte c a, indem sie von c nach a hinfahren, und andere streichen nur das Ende

der

der Nadel a mit dem Pole B des Magnets, und zwar beynahe mit dem nemlichen Erfolge. Allein es ist augenscheinlich, daß die magnetische Materie, die nur zu dem einzigen Ende a eingeht, nicht im Stande ist, kräftig genug auf die Zwischenräumchen der Nadel zu wirken, um sie der magnetischen Natur gemäß in Ordnung zu bringen, und daß die Kraft, die ihr auf diese Art eingedrückt wird, sehr klein, und sogar nichts seyn muß, wenn der Stahl wohl gehärtet ist.

Nun deucht mir, man könnte diesen Mängeln des einfachen Striches auf eine Weise abhelfen, an deren Erfolg ich gar nicht zweifle, ob ich gleich sie noch nicht versucht habe, weil andere ähnliche Erfahrungen mich davon versichern.



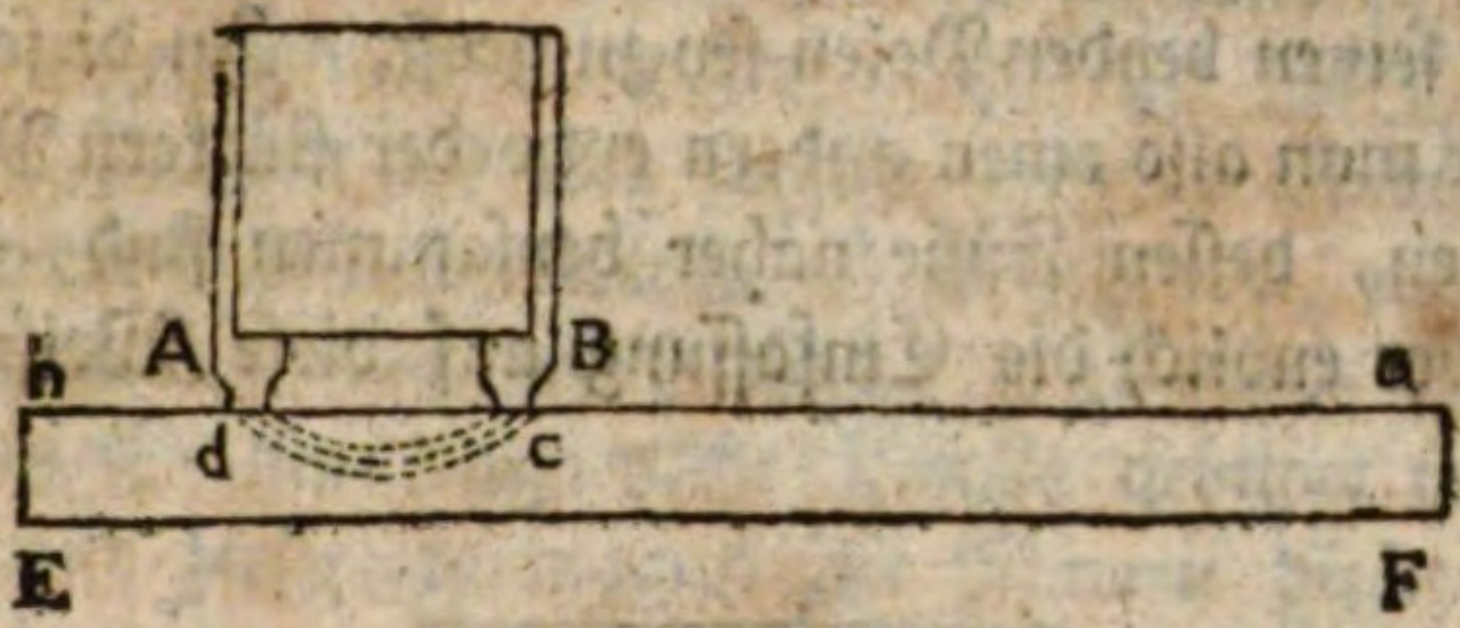
Ich wollte das Ende b der Nadel in ein Linial von weichem Eisen E F einfassen; und ich glaube, es würde sehr wohl gethan seyn, wenn dieses Linial sehr dünne, und so schmal als möglich, gemacht würde; aber das Ende muß vollkommen wohl darinn liegen, und sogar in einer wohl zugepaßten Vertiefung eingefaßt seyn. Wenn man den Pol B des Magnets auf das Ende b der Nadel setzt, so wird die magnetische Materie, die hineindringt, weil sie beynahe keine Schwierigkeit findet, das eiserne Linial zu durchstreichen, sogleich ihren Lauf nach der Richtung b d nehmen, und so, wie der Pol gegen a fortrückt, so hat die magnetische Materie, um diesen Lauf fortzusetzen, weiter nichts zu thun, als die Zwischenräumchen zu ordnen, auf welche sie unmittelbar wirkt; und wenn man bis

in a hingekommen seyn wird, so werden alle oder wenigstens die meisten Zwischenräumchen schon nach dieser Richtung geordnet seyn. Hernach wenn man wieder anfängt das Ende b zu streichen, so zerstört man nichts, sondern man fährt fort, den Strom der magnetischen Materie vollkommener zu machen, nach der nemlichen Richtung b d, indem man auch diejenigen Zwischenräumchen in Ordnung bringt, die der ersten Operation widerstanden haben, und also werden die magnetischen Kanäle in der Nadel je länger je vollkommener werden. Es werden einige Striche des Pols B zu dieser Absicht schon zureichend seyn, wofern der Magnet nicht sehr schwach ist; und ich zweifle nicht, selbst der bestgehärtete Stahl werde dieser Methode nachgeben; wodurch die Verfertigung der Kompasse sehr gewinnen würde, weil man bemerkt hat, daß die gemeinen Nadeln oft durch einen leichten Zufall alle ihre magnetische Kraft verlieren, welches die Schiffe den größten Gefahren aussetzen würde, wenn man nicht andere in Vorrath hätte. Verfertigt man aber die Nadeln aus wohl gehärtetem Stahl, so hat man dergleichen Zufälle nicht zu besorgen; und so wie sie mehr Gewalt erfodern, um magnetisch gemacht zu werden, so behalten sie auch diese Eigenschaft mit mehrerer Unveränderlichkeit.

den 24sten November 1764.

Hundert und vier und achtzigster Brief.

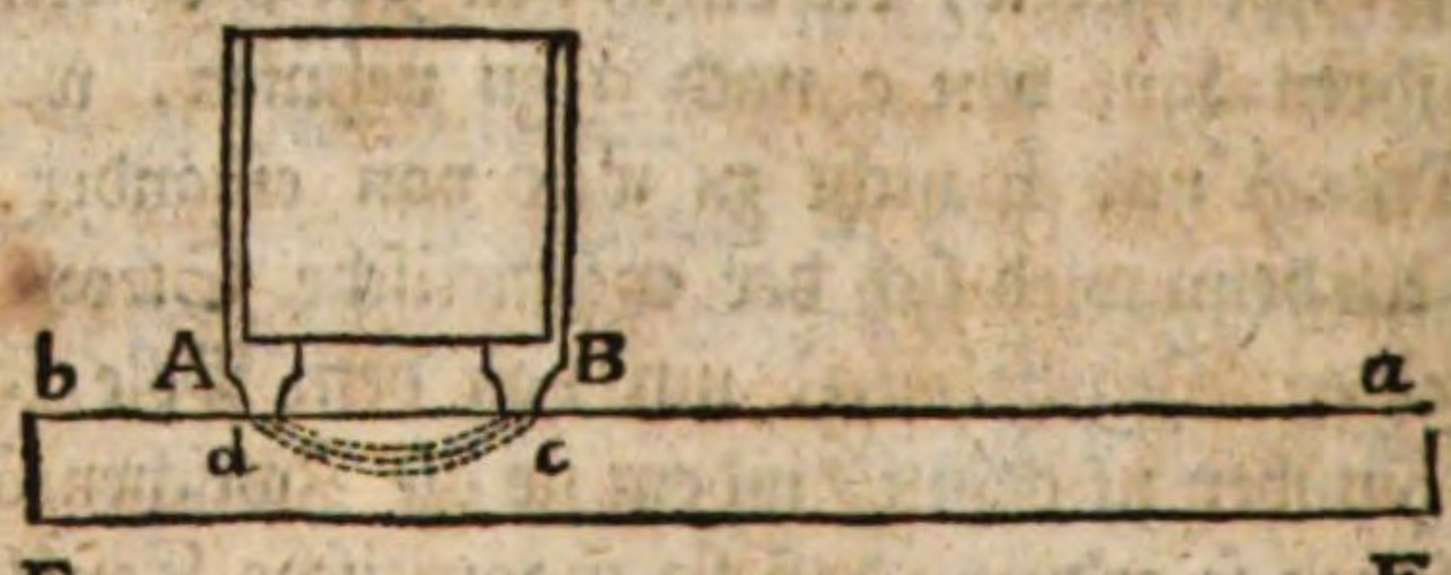
Statt dieser Methode, Eisen oder Stahl durch den einfachen Strich magnetisch zu machen, da man sie mit einem einzigen Pole des Magnets streicht, bedient man sich heut zu Tage des doppelten Striches, wobey man mit beyden Polen zugleich streicht, welches mit einem einmal gefaßten Magnete leicht angeht.



Es sey EF ein Stab von Eisen oder Stahl, den man magnetisch machen will; nachdem man ihn auf einem Tische wohl befestiget hat, setzt man die beyden Füße A und B eines Magnets darauf. In diesem Zustande, sehen Ew. Hoheit leicht ein, daß die magnetische Materie, die durch den Fuß B aus dem Magnet geht, in den Stab eindringen wird, und sich in demselben auf alle Seiten vertheilen würde, wenn der Fuß A nicht seiner Seits die in den Zwischenräumchen des Stabes enthaltene magnetische Materie an sich zöge. Durch diesen Ausfluß bey d wird also die Materie, die durch den Pol B eindringt, geleitet, ihren Lauf von c nach d zu nehmen, wofern die zween Pole A und B nicht zu weit von einander entfernt sind. Alsdenn wird sich der magnetische Strom in dem Stabe einen Weg bahnen, um von dem Pole B in den Pol A hinüber zu gehen, indem sie die Zwischenräumchen in demselben so ordnet, daß sie magnetische Kanäle formiren. Es ist gar leicht, sicher zu erfahren, ob diese Wirkung erfolge; man darf nur zusehen, ob der Magnet fest an den Stab angezogen wird, welches niemalen ausbleibt, wenn der Stab aus weichem Eisen besteht, weil die magnetische Materie ihn leicht durchdringt. Aber wenn der Stab aus Stahl besteht, so ist die Anziehung oft sehr gering, welches alsdenn ein Zeichen ist, die magnetische Materie sey nicht im Stande sich einen Durchgang von c nach d zu eröffnen, woraus man den Schluß macht,

entweder der Magnet sey zu schwach, oder der Raum zwischen seinen beyden Polen sey zu groß. In diesem Falle müßte man also einen andern entweder stärkern Magnet, oder einen, dessen Füße näher beysammen sind, gebrauchen, oder endlich die Einfassung auf diese Weise abändern:

Ich werde aber in kurzem die Ehre haben, andere Mittel vorzuschlagen, um dieser Schwierigkeit abzuhelfen.

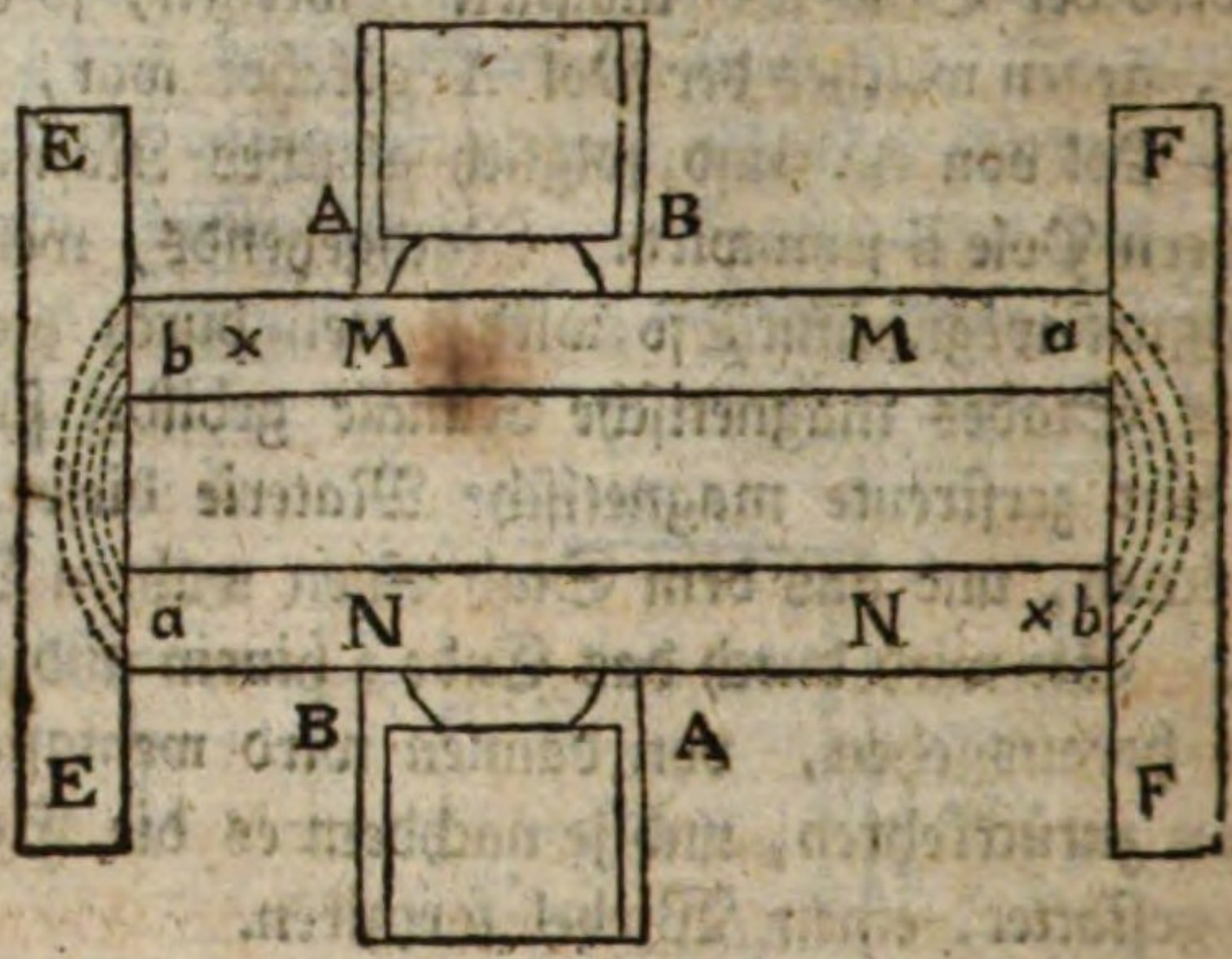


Nachdem nun die Zwischenräumchen in dem kleinen Abstande c d dem Magnetismus gemäß eingerichtet sind, so darf man nur den Magnet einigemal über den Stab von einem Ende zum andern hin und her streichen, und ihn nicht wegnehmen, bis man gewahr wird, daß die Anziehung nicht mehr zunimmt: denn dieß ist ein gar sicherer Grundsatz, daß die Anziehung in dem Maaße wächst, wie die magnetische Kraft vermehrt wird. Durch diese Operation

ration wird der Stab E F magnetisch werden, so daß das Ende E, gegen welches der Pol A gekehrt war, der befreundete Pol von A, und folglich gleiches Namens mit dem andern Pole B seyn wird. Nachgehends, wenn man den Magnet wegnimmt, so wird, weil durch die ganze Länge des Stabes magnetische Kanäle gebildet sind, die in der Luft zerstreute magnetische Materie diese Kanäle durchströmen, und aus dem Stab einen wahren Magnet machen. Sie wird durch das Ende a hinein und zu dem Ende b herausgehen, von dannen wird wenigstens ein Theil in a zurückkehren, und je nachdem es die Figur des Stabes gestattet, einen Wirbel formiren.

Bey dieser Gelegenheit bemerke ich, daß die Bildung eines Wirbels zur Vermehrung der magnetischen Kraft schlechterdings nothwendig ist; denn wenn alle magnetische Materie, die durch das Ende b ausgeht, entwischte und sich gänzlich zerstreute, ohne in a zurückzukehren, so würde die Luft nicht zureichen, dem andern Ende a genug hievon herzugeben, und dieses würde die magnetische Kraft vermindern. Wenn aber ein guter Theil von derjenigen, die durch das Ende b ausgeht, in a zurückkehrt, alsdenn ist die Luft wohl hinlänglich, das übrige und vielleicht noch mehr herzugeben, wenn die magnetischen Kanäle des Stabes im Stande sind, es aufzunehmen; in diesem Falle also wird der Stab eine weit größere magnetische Kraft erlangen.

Diese Betrachtung führt mich darauf, Ew. Hoheit zu zeigen, auf was Weise man die magnetische Materie in den magnetisch gemachten Stäben verwahren kann. Da es darauf ankömmt, zu verhindern, daß sie im Durchströmen sich nicht in der Luft zerstreue, so legt man diese gleich große Stäbe immer paarweise. Man legt sie in eine parallele Lage auf einen Tisch, so daß die Pole, die Freunde oder verschiedenen Namens sind, nach der nemlichen Seite gekehrt seyn, wie hier die Figur zeigt.



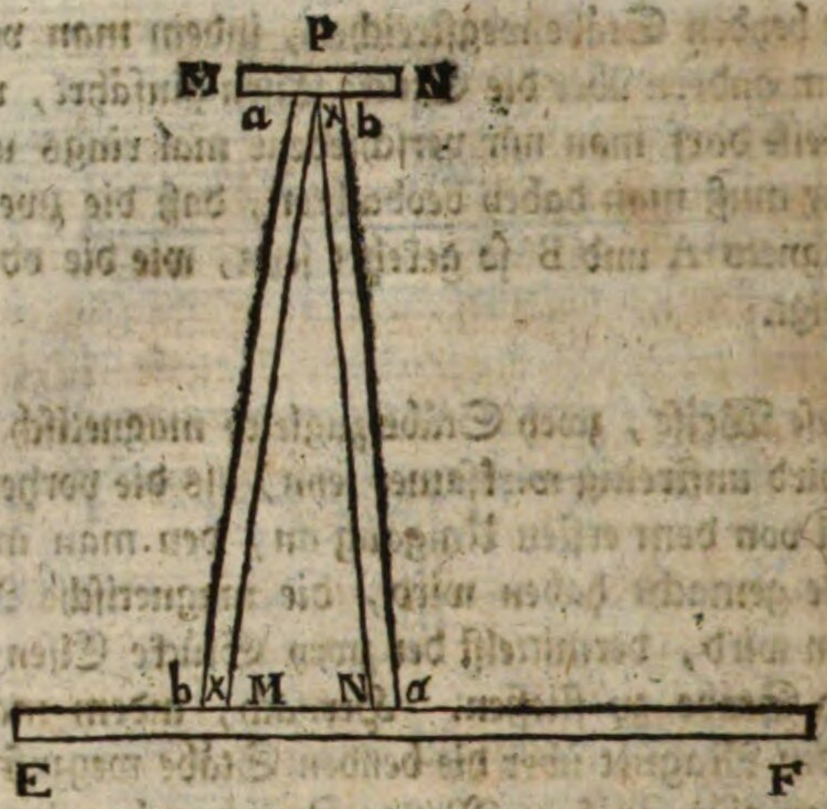
MM und NN stellen die zween Stäbe vor, deren befreundete Pole ab, ba nach derselben Seite gerichtet sind. Damit man sich nicht irre, macht man gleich Anfangs auf jeden Stab ein Zeichen, etwan x, auf das Ende, wo der Nordpol ist, und befestiget auf jeder Seite ein Stück weiches Eisen EE und FF, um den magnetischen Strom aufzunehmen. Auf diese Weise geht alle magnetische Materie, die den Stab MM durchströmt und durch das Ende b ausgeht, in das Stück Eisen EE hinüber und öffnet sich in demselben leicht den Weg, um in das Ende a des andern Stabes NN überzugehen, woraus sie durch das Ende b in das andre Stück Eisen FF eintreten wird, welches sie durch das Ende a in den ersten Stab MM zurückführet. Und so wird die magnetische Materie ihren Kreislauf fortsetzen, ohne daß das geringste entwische; und wenn gleich im Anfange nicht genug vorhanden wäre, um den Wirbel voll zu machen, so wird die Luft das übrige hergeben, und der Wirbel wird in den zwey Stäben seine ganze Stärke behalten.

Auch kann man diese Lage der beyden Stäbe gleich Anfangs gebrauchen, um beyde zugleich magnetisch zu machen. Man darf nur die zwey Pole eines Magnets

über

über die beyden Stäbe wegstreichen, indem man von dem einen zum andern über die Stücke Eisen hinfährt, und auf diese Weise darf man nur verschiedene mal rings um fahren, nur muß man dabey beobachten, daß die zwey Pole des Magnets A und B so gekehrt seyn, wie die obige Figur anzeigt.

Diese Weise, zwey Stäbe zugleich magnetisch zu machen, wird unstreitig wirksamer seyn, als die vorhergehende, weil von dem ersten Umgang an, den man mit dem Magnete gemacht haben wird, die magnetische Materie anfangen wird, vermittelst der zwey Stücke Eisen, durch die zwey Stäbe zu fließen. Hernach, indem man fortfährt, den Magnet über die beyden Stäbe wegzustreichen, wird man eine größere Menge Zwischenräumchen, dem Magnetismus gemäß, zurichten und viele magnetische Kanäle in demselben eröffnen, wodurch der magnetische Wirbel je länger je stärker wird, ohne daß er einige Verringerung zu erdulden hätte. Wenn die Stäbe dicke sind, so ist es dienlich, sie umzuwenden, und auch auf den andern Seiten auf die nemliche Weise zu streichen, damit die magnetische Kraft sie ganz durchdringe.



Wenn man dergleichen magnetische Stäbe MM, NN schon hat, so kann man sich ihrer statt eines natürlichen Magnets bedienen, um andre damit magnetisch zu machen. Man fügt sie oben zusammen, so daß die zwey befreundete Pole a b einander berühren, und unten stellt man die beyden andern befreundete Pole b und a so weit auseinander, als man gut findet; hernach streicht man mit den zwey untern Enden, die statt der zwey Pole eines Magnets dienen, zwey andere Stäbe E F auf die vorher erklärte Weise.

Da diese zwey Stäbe in Form eines Zirkels zusammengefügt sind, so hat man die Bequemlichkeit, sie so wenig zu öffnen, als man will, welches bey einem Magnete nicht angeht; oben nun, wo die Stäbe einander berühren, wird der magnetische Strom leicht von dem einen in den andern übergehen; auch könnte man noch ein kleines Stück weiches Eisen P daran setzen, um diesen Strom besser zu unterhalten; und auf diese Weise wird man so viele doppelte Stäbe, als man nur will, sehr geschwind magnetisch machen.

den 28ten November 1761.

Hundert

Hundert und fünf und achtzigster Brief.

Obgleich diese Manier, mit doppeltem Striche magnetisch zu machen, der vorhergehenden vorzuziehen ist, so läßt sich dennoch die magnetische Kraft nicht über einen gewissen Grad hinaustreiben. Man bediene sich eines natürlichen Magnets, oder zweyer magnetischen Stäbe, um andere Stäbe zu streichen: diese werden niemals so viel Kraft als jene erlangen; denn die Wirkung kann niemals größer als die Ursache seyn.

Wenn die Stäbe, womit man streicht, wenig Kraft haben, so werden die andern, die damit gestrichen werden, noch weniger haben. Der Grund hievon ist leicht zu begreifen; denn so wie Stäbe, die gar keine magnetische Kraft besitzen, auch in andern keine hervorbringen können, so ist auch eine kleine magnetische Kraft nicht im Stande, eine größere hervorzubringen, wenigstens nicht durch die so eben beschriebene Methode.

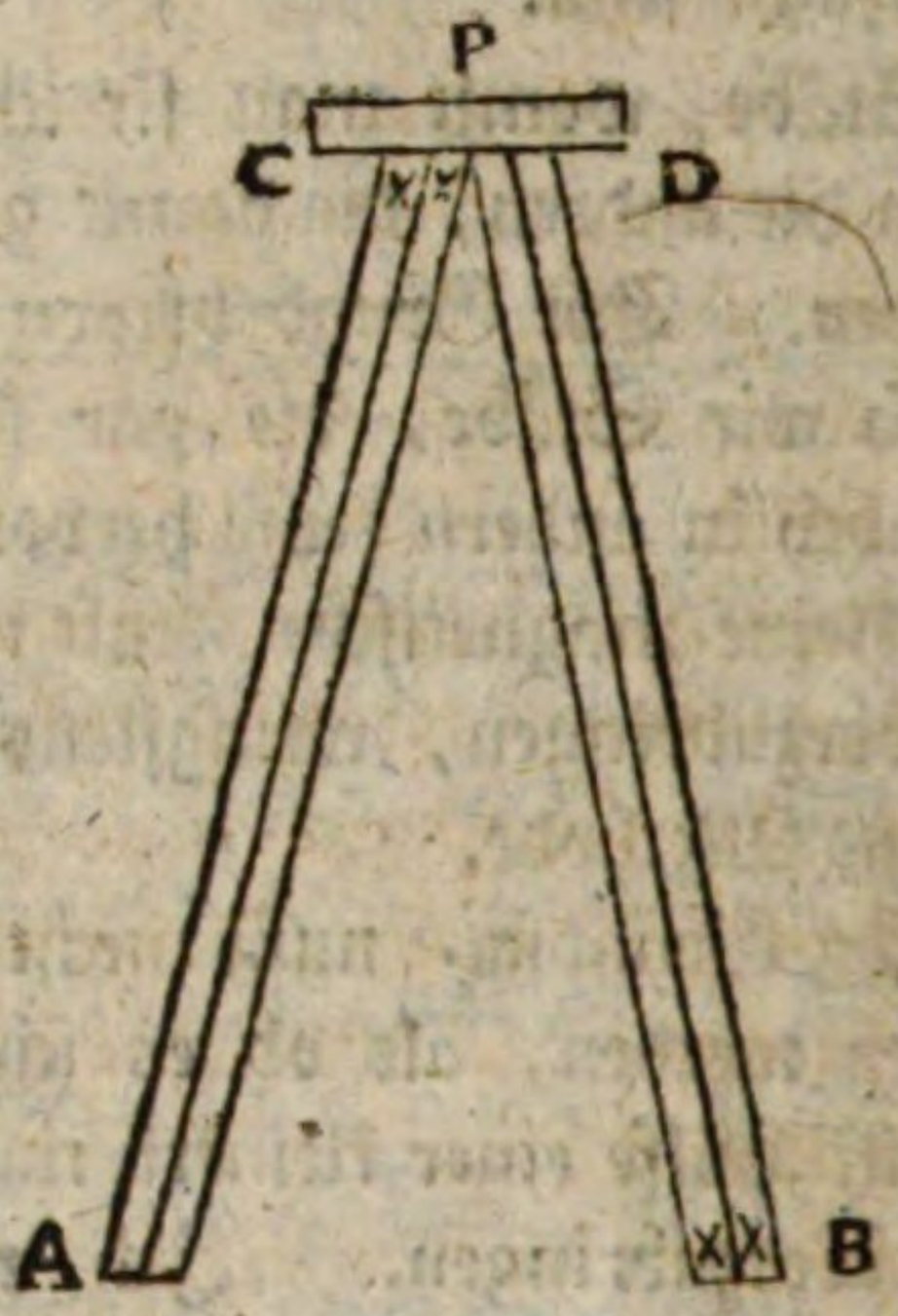
Allein, dieser Grundsatz muß nicht in so strengem Sinne genommen werden, als ob es schlechterdings unmöglich wäre, mit Hülfe einer kleinern magnetischen Kraft eine größere hervorzubringen. Ich werde die Ehre haben, Ew. Hoheit ein Verfahren zu erklären, durch welches man im Stande ist, die magnetische Kraft fast so weit, als man will, von dem schwächesten Grade an zu verstärken. Es ist dieß eine Entdeckung der neuesten Zeiten, die um so viel mehr Aufmerksamkeit verdient, da sie uns die Natur des Magnets ungemein aufklärt.

Wir wollen also annehmen, man habe im Anfange nur einen sehr schwachen Magnet, oder auch in Ermangelung eines natürlichen Magnets Stäbe von Eisen, die nur allein durch den Wirbel der Erde ein wenig magnetisch gemacht worden, wie ich die Ehre gehabt, Ew. Hoheit in meinen vorigen Briefen vor Augen zu legen. Alsdenn schaffe man sich acht Stäbe von Stahl an, die nur sehr klein

und

und nicht gehärtet sind, damit sie die geringe magnetische Kraft leichter annehmen, die ihnen der schwache Magnet oder die magnetischen Stäbe mitzutheilen im Stande sind, wenn man jegliches Paar auf die oben erklärte Weise streicht.

Wenn man nun vier Paar solcher auch nur ein wenig magnetischer Stäbe hat, nehme man zwey Paar davon und verbinde sie so zusammen, wie diese Figur zeiget, nemlich:



Aus zwey Stäben, die man mit den Polen gleiches Namens an einander legt, macht man nur einen von doppelter Dicke, und alsdenn formirt man den Zirkel aus den zwey doppelten Stäben AC und BD, die sich oben in CD berühren, wo man, um den magnetischen Strom besser zu unterhalten, ein Stück weiches Eisen P ansetzen kann. Unten stellt man desselben Füße, so weit man für dienlich hält, auseinander, und streicht damit die andern Paare eins nach dem andern, die dadurch mehr Kraft als zuvor erlangen werden, weil zwey Paar ihre Kräfte darinn vereinigen. Nunmehr darf man nur diese eben gestrichene zwey Paar auf gleiche Weise zusammenbinden,

und

und die zwey andern Paare, deren man sich das erstemal zum Streichen bedienet hatte, eins nach dem andern damit streichen, so wird dieser ihre Kraft beträchtlich vermehrt werden. Hernach nehme man diese zwey Paar wieder zusammen, und streiche die andern noch einmal, damit ihre magnetische Kraft vermehrt werde, und so fahre man fort zwey Paar mit den zwey andern verbundenen wechselsweise zu streichen. Durch dieses Verfahren wird man sie in kurzem auf einen solchen Grad von Stärke bringen, der keiner weitern Vermehrung fähig seyn wird, wenn man es gleich noch weiter fortsetzen wollte. Hat man mehr als vier Paar dergleichen Stäbe, so kann man auch, statt zweyer Paare, drey Paar zusammennehmen, und hernach die andern damit streichen, wodurch man sie geschwinder auf den höchsten Grad magnetisch machen wird.

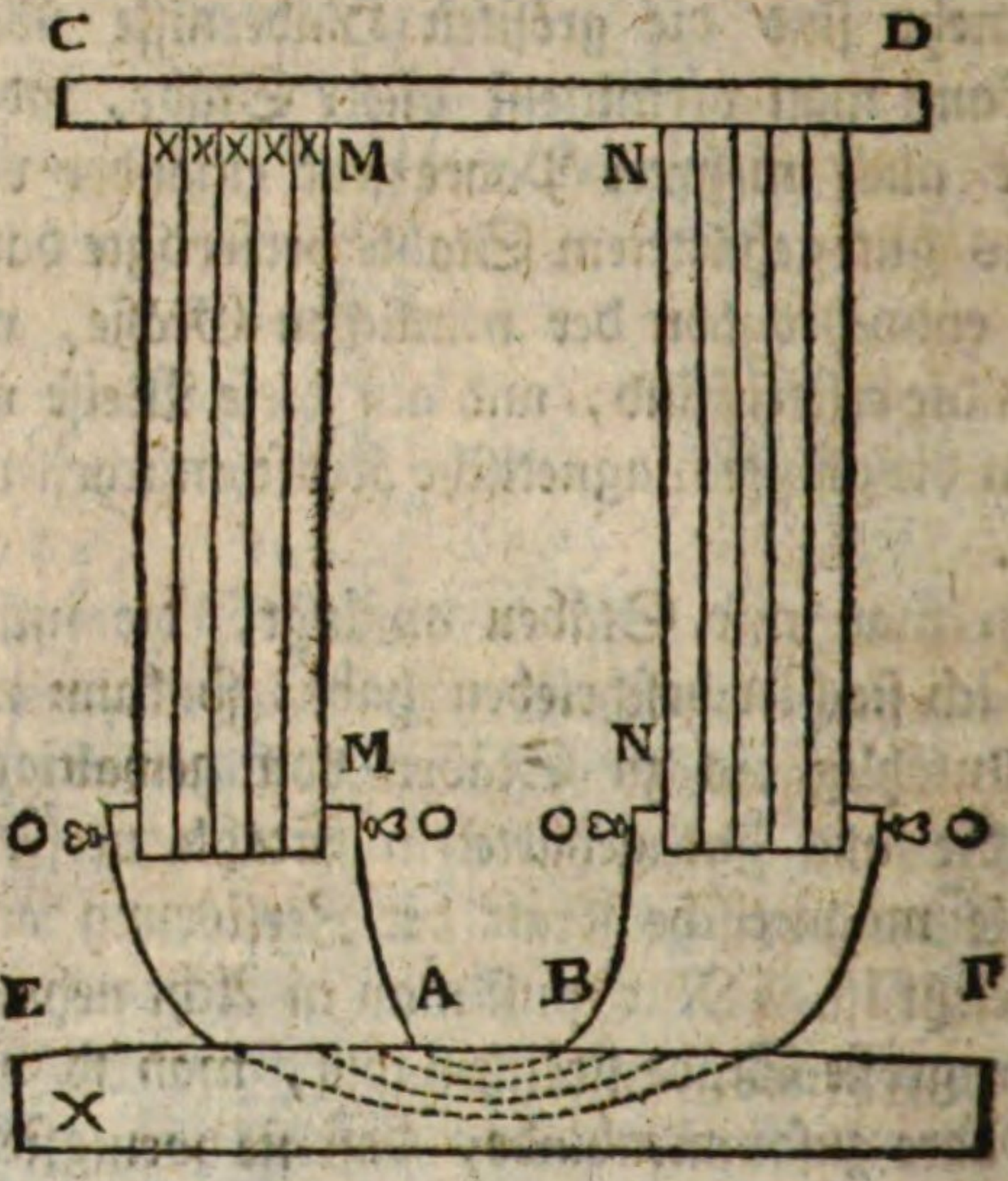
Nunmehr sind die größten Hindernisse überstiegen, und nun kann man vermittelst dieser Stäbe, indem man zwey oder auch mehrere Paare mit einander vereiniget, andere aus gut gehärtetem Stahle verfertigte damit streichen, die entweder von der nemlichen Größe, oder auch größer als die erstern sind, und auf diese Weise wird man auch diesen die größte magnetische Kraft mittheilen, der sie fähig sind.

Wenn man mit Stäben anfängt, die nicht größer sind, als ich sie hier beschrieben habe, so kann man diese Arbeit allmählig bis zu Stäben von gewaltiger Größe treiben, die aus gut gehärtetem Stahle verfertigt sind, worinn die magnetische Kraft der Zerstörung am wenigsten ausgesetzt ist. Nur muß man in Acht nehmen, daß, wenn man große Stäbe streichen will, man so viele streichende Paare zusammenbinde, daß sie wenigstens zweymal schwerer sind, als das Gewicht eines großen Stabes. Allein es wird immer besser seyn, wenn man stufenweise geht, und jede Gattung von Stäben mit andern, die nicht viel kleiner sind, streicht, wobey es genug seyn würde,

zwey

zwey Paar zusammen zu nehmen; denn wenn man genöthigt ist, mehrere Paare zu verbinden, so wird an den Enden, womit man streicht, die Summe ihrer Oberflächen zu groß seyn, und die magnetische Materie, die da durchgeht, wird sich selbst hindern, eine dem gestrichenen Stabe gemäße Richtung anzunehmen, und dieses um desto mehr, weil sie in den Stab senkrecht dringt, da sie doch in demselben eine horizontale Richtung nehmen muß.

Um diese Abänderung der Richtung zu erleichtern, ist es dienlich, daß die magnetische Materie durch einen kleinen Zwischenraum darein geleitet werde, und daß sie schon eine Richtung habe, die derjenigen, die sie innerhalb des gestrichenen Stabes nehmen muß, nahe komme; ich glaube, es würde dieses auf folgende Weise glücken.



Die beygefügte Figur stellet fünf Paare M M, N N aneinander gefüget vor, aber nicht in Form des Zirkels. Oben ist ein Stab von weichem Eisen C D, um den Wir-

bel

bel zu unterhalten; unten streiche ich nicht unmittelbar mit den Enden der Stäbe, sondern ich fasse auf jeder Seite diese Enden in einen Fuß von weichem Eisen ein, und befestige sie darinn durch einige Schrauben O. Jeder Fuß ist unten in A B gebogen, so daß die Richtung der magnetischen Materie, die diese Füße frey durchläuft, sich der horizontalen schon um viel nähert, und daß sie in dem zu streichenden Stabe E F nicht nöthig hat, ihre Richtung beträchtlich zu ändern. Vermittelst dieser Füße wird der Stab E F ohne Zweifel eine weit größere magnetische Kraft erlangen, als wenn man ihn unmittelbar mit den Enden der Stäbe striche, deren Dicke und senkrechte Richtung der Bildung der magnetischen Kanäle in dem Stabe E F natürlich im Wege stehen: auch kann man, nach dieser Methode, die äußersten Ende der Füße A und B nach Gutbefinden nähern oder entfernen.

Endlich muß ich nicht vergessen anzumerken, daß, wenn diese Stäbe mit der Zeit von ihrer magnetischen Kraft verlieren, man sie durch die nemlichen Operationen leicht wieder herstellen kann.

den 1sten December 1761.

Hundert und sechs und achtzigster Brief.

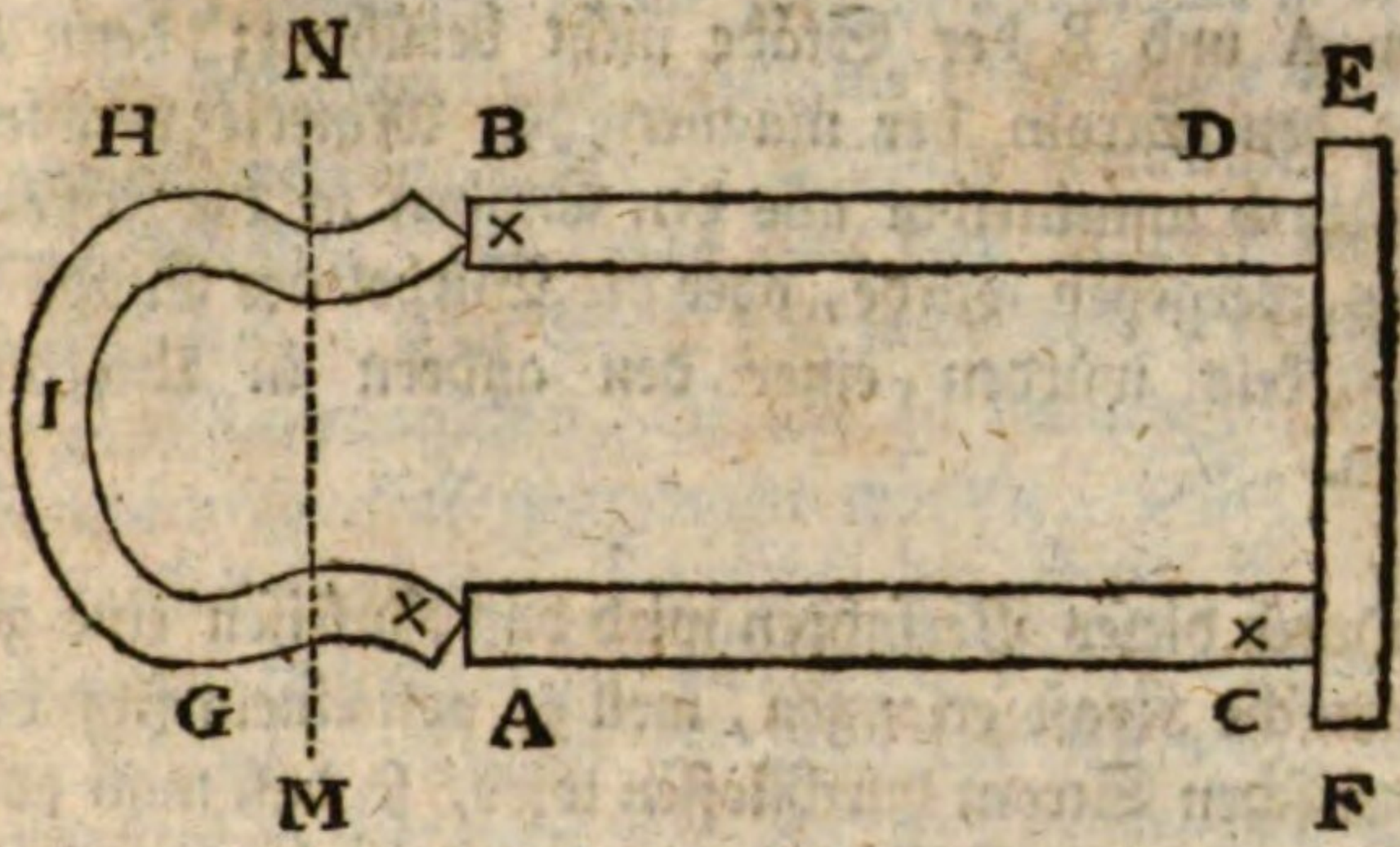
Wer Versuche über die magnetische Kraft anstellen will, der muß mit einer großen Anzahl solcher magnetischen Stäbe, von dem kleinsten an bis zum größten, versehen seyn, deren jeder als ein besonderer Magnet angesehen werden kann, weil er seine zwey Pole, den Nord- und Süd-Pol hat.

Ew. Hoheit werden es sehr merkwürdig finden, daß man vermittelst der allergeringsten magnetischen Kraft entweder eines ganz schlechten natürlichen Magnets, oder ei-

niger Feuerzangen aus dem Kamin, die durch die Zeit ein wenig magnetisch geworden sind, im Stande ist, diese Kraft je länger je mehr zu vergrößern, so sehr, daß man den größten stählernen Stäben den höchsten Grad von magnetischer Kraft, dessen sie nur fähig sind, mittheilen kann. Es würde überflüßig seyn hinzuzufügen, daß man durch diese Methode die besten Magnetnadeln verfertigen kann, nicht nur viel größere als die gewöhnlichen, sondern auch aus dem bestgehärteten Stahle, welcher sie noch dauerhafter macht. Jetzt werde ich etwas über die Einrichtung der künstlichen Magnete sagen, die mehrentheils die Gestalt eines Hufeisens haben, wie Ew. Hoheit sich erinnern werden sie gesehen zu haben.

Diese künstlichen Magnete leisten uns in allen Gelegenheiten die nemlichen Dienste wie die natürlichen, und verschaffen uns überdieß den Vortheil, daß wir noch weit stärkere haben können, wenn wir ihnen eine hinlängliche Größe geben. Man macht sie aus wohl gehärtetem Stahle, und die Gestalt eines Hufeisens scheint die bequemste zu Unterhaltung des Wirbels. Wenn das Stück fertig ist, dann theilt man ihm die magnetische Kraft, und selbst die größte, der es fähig ist, vermittelst der magnetischen Stäbe mit, deren Verfertigung ich erklärt habe. Man begreift leicht, daß, je größer ein solcher Magnet ist, je größere Stäbe man dazu gebrauchen müsse; und das ist der Hauptgrund, warum man mit allen Arten von Stäben versehen seyn muß.

Um



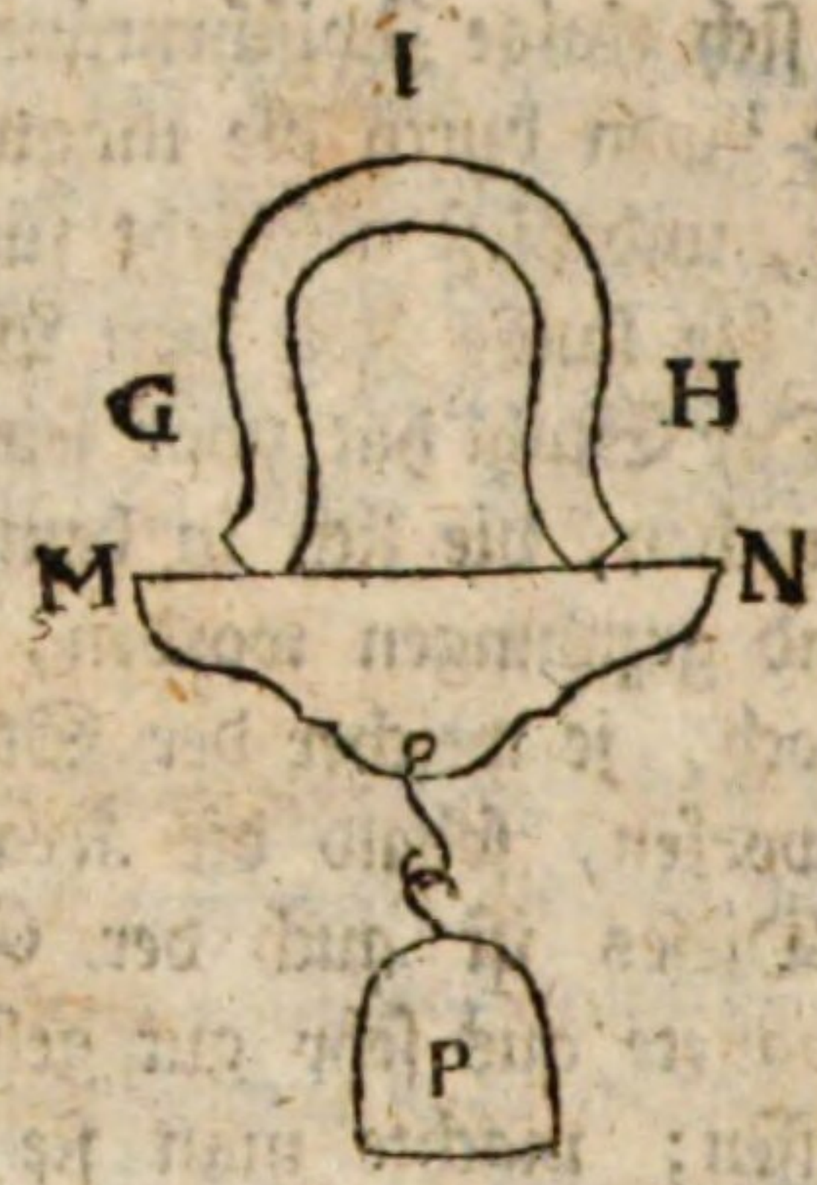
Um also ein solches Hufeisen H I G, das aus wohl gehärtetem Stahle verfertiget seyn muß, magnetisch zu machen, legt man ein Paar magnetische Stäbe A C und B D, mit ihren Trägern von weichem Eisen an beyden Seiten, auf den Tisch; die Figur stellt uns nur einen solchen Träger E F vor, der andere ist weggenommen worden, als man die Füße des Hufeisens daran brachte, wie man in der Figur sieht. In diesem Zustande wird die magnetische Materie, die durch die Stäbe läuft, sich bemühen, in das Hufeisen hinüber zu gehen; allein wegen der Härte des gehärteten Stahls wird sie nicht zureichend seyn, die Zwischenräumchen zu ordnen und sich einen Weg zu bahnen. Man muß also das nemliche Mittel anwenden, dessen man sich zum Magnetisiren der Stäbe bedient. Man nimmt einen aus einem Paar magnetischer Stäbe gebildeten Zirkel, und läßt ihn auf die nemliche Weise über das Hufeisen hinstreichen, indem man die Füße des Zirkels den Polen des Hufeisens gemäß stellt; auf diese Weise wird man die magnetischen Kanäle in demselben öffnen, und die subtile Materie der Stäbe wird, indem sie es durchströmt, den magnetischen Wirbel hervorbringen. Allein bey dieser Arbeit muß man sich wohl vorsehen, daß die Füße des Zirkels, indem man sie über das Hufeisen streicht, die

Enden A und B der Stäbe nicht berühren; denn dieß würde den Strom der magnetischen Materie verwirren, die dadurch unmittelbar aus den Stäben in die Füße des Zirkels übergehen würde, oder die Wirbel der Stäbe und des Zirkels würden einer den andern in Unordnung bringen.

Durch dieses Verfahren wird das Hufeisen eine große magnetische Kraft erlangen, weil es von einem sehr vollen magnetischen Strom durchflossen wird, so daß man es jetzt nur noch von den Stäben so zu trennen suchen muß, daß der Strom darinn nicht in Unordnung gebracht werde. Wenn man es mit einemmal abreissen wollte, so würde der magnetische Wirbel zerstört, und unser künstlicher Magnet würde nur sehr wenig Kraft behalten; wie es auch die Natur der magnetischen Kraft mit sich bringt.

Denn da die magnetischen Kanäle sich nur so lang erhalten, als die magnetische Materie sie wirklich durchströmt, so schließen wir hieraus, daß die feinsten Theilchen, die durch ihre Zwischenräumchen diese Kanäle formiren, sich in einem gewaltsamen Zustande befinden, der sich nur so lange erhält, als die Kraft des Wirbels darauf wirkt; sobald diese Kraft aufhört, werden diese Theilchen, vermöge ihrer Federkraft, aus ihrer Lage weichen, wodurch, so wenig es auch seyn mag, die magnetischen Kanäle plötzlich unterbrochen und zerstört werden. Wir sehen dieses sehr deutlich an dem weichen Eisen, dessen Zwischenräumchen sich, bey Annäherung eines magnetischen Wirbels, gar bald in Ordnung legen, aber sobald man ihn wieder entfernt, beynahe keine magnetische Kraft beybehalten: welches hinlänglich beweist, daß die Zwischenräumchen des Eisens leicht beweglich, aber zu gleicher Zeit mit einer Schnellkraft versehen sind, die ihre Lage so bald verändert, als die Kraft aufhört. Nur nach einer sehr

langen Zeit setzen sich einige Zwischenräumchen in derjenigen Lage fest, die ihnen durch die magnetische Kraft ist eingedrückt worden, und dieß geschieht fürnemlich in den eisernen Stäben, die lange Zeit dem Wirbel der Erde ausgesetzt sind. Der Stahl hat zwar seine weniger biegsame Zwischenräumchen, die sich in demjenigen Stande, zu welchem sie sind gezwungen worden, besser erhalten, aber sie sind dennoch, je weicher der Stahl ist, einiger Unordnung unterworfen, sobald die Kraft aufhört, auf sie zu wirken. Dieses ist auch der Grund, warum die künstlichen Magnete aus sehr gut gehärtetem Stahle verfertigt seyn müssen; machte man sie aus Eisen, so würden sie zwar bald eine sehr große Kraft erlangen, so lange sie an den magnetischen Stäben befestigt wären, aber alle Stärke würde auch in eben dem Augenblicke verschwinden, in welchem man sie davon losmachte. Eben darum muß man auch einige Vorsichtigkeit gebrauchen, wenn man die aus wohl gehärtetem Stahle verfertigten Magnete von den Stäben losmacht. Zu diesem Ende legt man, ehe man sie davon trennet, ihre aus sehr weichem Eisen gemachte Träger nach der Linie MN darauf, wobey man sich in Acht nimmt, daß der Träger die Stäbe nicht berühre, welches alles verderben und uns nöthigen würde, das Werk wieder von vorne anzufangen. Alsdenn wird ein guter Theil der magnetischen Materie, die in dem Magnet GIH umläuft, ihren Weg durch den Träger nehmen und einen besondern magnetischen Wirbel formiren, der sich auch nach der Trennung noch erhalten wird.



Nachgehends schiebt man den Träger langsam über die Füße des Magnets bis an die Enden, wie man aus beygefügter Figur sieht, und in diesem Zustande läßt man ihn eine Zeit lang ausruhen, damit der magnetische Wirbel sich je mehr und mehr befestige. Man beschwert auch den Träger mit einem Gewichte P, das man alle Tage vermehren kann; und man begreift ebenfalls leicht, daß der Träger so zugepaßt seyn muß, daß er die Füße des Magnets vollkommen berühre.

den 5ten December 1761.

Hundert und sieben und achtzigster Brief.

Ich glaube, daß die Wunder der Dioptrik allerdings verdienen, die Aufmerksamkeit Ew. Hoheit zu beschäfftigen. Der Dioptrik haben wir zweyerley aus Gläsern zusammengesetzte Werkzeuge zu danken, welche dazu dienen, unser Gesicht zu stärken, um Gegenstände zu entdecken, die dem blößen Auge entwischen würden.

Es giebt zwey Fälle, wo unser Gesicht einer Hülfe bedarf: der erste ist, wenn die Gegenstände zu weit von uns entfernt sind, als daß wir sie deutlich sehen könnten, als z. E. die Himmelskörper, in Ansehung welcher man durch Beyhülfe dioptrischer Werkzeuge die wichtigsten Entdeckungen gemacht hat. Ew. Hoheit werden sich noch wohl desjenigen erinnern, was ich Denselben über die Trabanten des Jupiters zu sagen die Ehre gehabt habe, welche uns auf die Entdeckungen der Längen führen: sie sind nicht anders sichtbar, als durch Beyhülfe guter Fernröhre, und die Entdeckung der Trabanten erfordert noch vortrefflichere.

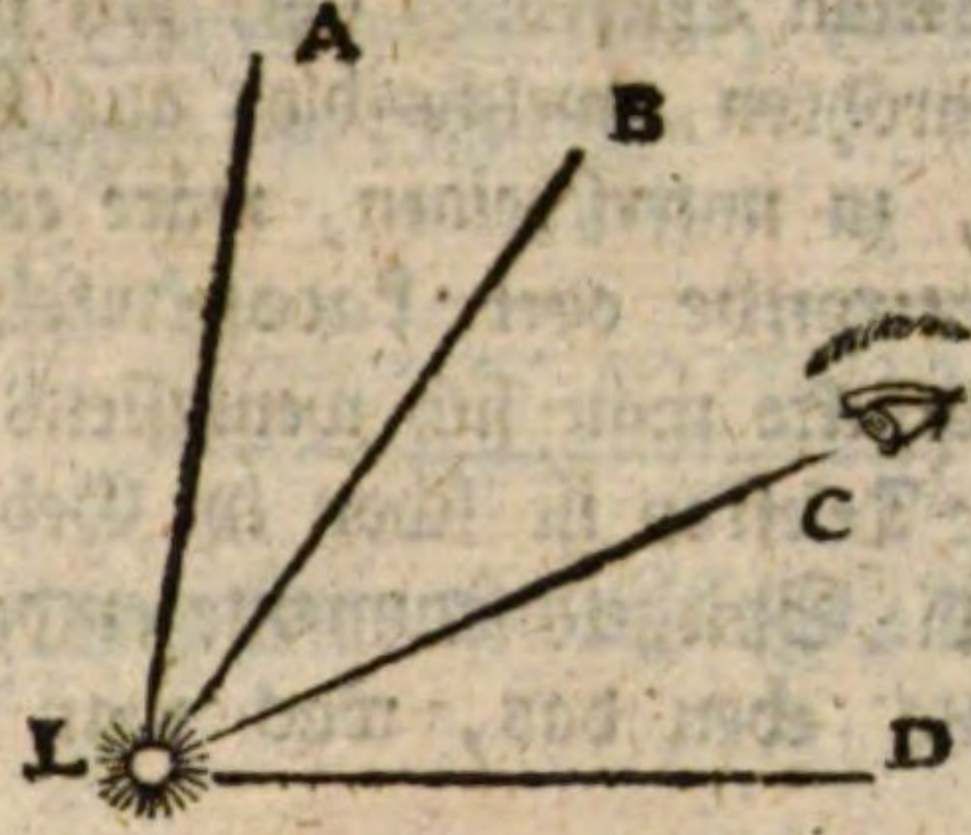
Eben die Bewandtniß hat es auch auf der Oberfläche der Erde mit den sehr weit entfernten Gegenständen, die man auf keine andere Art genau sehen und untersuchen kann, als durch Hülfe der Fernröhre, welche uns dieselben auf eben die Art vorstellen, als wenn wir sie in der Nähe sähen. Diese Fernröhre oder dioptrische Werkzeuge, deren man sich bedienet, um die sehr weit entfernten Gegenstände zu beobachten, werden auch Teleskope genennt.

Der andere Fall, wo unser Gesicht einer Hülfe bedarf, ist, wenn die Gegenstände zwar nahe genug, aber zu klein sind, als daß wir alle ihre Theile genau unterscheiden könnten. Wenn man z. E. alle Theile von dem Beine einer Fliege oder eines andern noch kleinern

Insekts entdecken wollte; wenn es darauf ankäme, die kleinern Theile unsers eigenen Körpers zu untersuchen, als die Fibern, die kleinsten unserer Muskeln, unserer Nerven: so könnte man nie seinen Zweck erreichen, ohne die Beyhülfe gewisser Werkzeuge, die man Mikroskope nennt, welche uns die kleinen Gegenstände auf eben die Art vorstellen, als wenn sie hundert und oft wohl tausendmal größer wären.

Diese beyden Arten von Instrumenten, die Teleskope und die Mikroskope, sind es, wodurch die Dioptrik dem Unvermögen unsers Gesichts zu Hülfe kömmt. Erst seit einigen Jahrhunderten sind diese Werkzeuge erfunden, und eben seit dieser Zeit hat man auch erst die wichtigsten Entdeckungen gemacht, in der Astronomie durch die Teleskope, und in der Physik durch die Mikroskope.

Alle diese wunderbaren Wirkungen sind blos durch eine gewisse Figur, die man einem Stücke Glas giebt, und durch eine glückliche Verbindung zweyer oder mehrerer solcher Gläser, die man Linsen nennet, hervorgebracht worden. Die Dioptrik ist die Wissenschaft, welche die Grundsätze davon in sich begreift; und Ew. Hoheit werden sich noch erinnern, daß sie sich hauptsächlich mit dem Wege beschäfftigt, den die Lichtstralen nehmen, wenn sie durchsichtige Mittel von verschiedener Beschaffenheit durchlaufen, indem sie z. E. aus der Luft in Glas oder Wasser, und umgekehrt, aus Glas oder Wasser in die Luft fallen.



So lange die Stralen in einem und demselben Mittel fortgehen, als nemlich in der Luft, so verfolgen sie ihren Weg nach geraden Linien L A, L B, L C, L D, gezogen aus dem leuchtenden Punkt L, von dem diese Stralen ausgehen: und wenn sie irgendwo wie hier in C ein Auge treffen, so dringen sie hinein und malen daselbst ein Bild von dem Gegenstande, von dem sie ausgegangen sind. In diesem Falle heißt die Art zu sehen einfach oder natürlich, die uns die Gegenstände so vorstellt, wie sie wirklich sind. Die Wissenschaft, welche uns die Grundsätze dieser Art zu sehen erkläret, wird die **Optik** genennet.

Aber wenn die Lichtstralen, ehe sie in das Auge kommen, von einer wohl polirten Oberfläche zurückgeworfen werden, als z. B. von einem Spiegel, so ist die Art zu sehen nicht mehr natürlich, weil wir in diesem Falle die Gegenstände anders, und an einem andern Orte erblicken, als wo sie sich wirklich befinden. Die Wissenschaft, welche die Gründe der Erscheinungen bey der Zurückwerfung der Stralen erklärt, wird die **Katoptrik** genennt. Sie giebt uns auch Werkzeuge an die Hand, welche unserm Gesicht in der Ferne zu Hülfe kommen; und Ew. Hoheit sind die verschiedenen Instrumente bekannt, welche durch den Gebrauch eines oder zweyer Spiegel eben die Dienste leisten, die man von den aus Gläsern zusammengesetzten

Fernröhren hat. Auch diese mit Spiegeln versehene Instrumente nennt man Teleskope: aber um sie von den gewöhnlichen Fernröhren, welche blos aus Gläsern zusammengesetzt sind, zu unterscheiden, wäre es besser, wenn man sie reflectirende oder katoptrische Teleskope nennte. So drückte man sich wenigstens genauer aus; denn der Name Teleskop ist schon im Gebrauch gewesen, ehe man noch die Spiegelinstrumente entdeckt hatte, und bedeutete damals eben das, was man ein Fernrohr nennt.

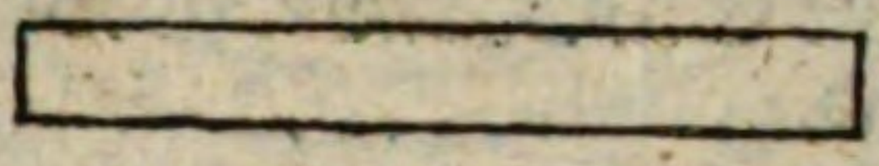
Ich habe den Vorsatz, Ew. Hoheit gegenwärtig blos mit den dioptrischen Werkzeugen zu unterhalten, von denen es zwey Gattungen giebt, wie ich bereits anzumerken die Ehre gehabt habe, nemlich die Teleskope und die Mikroskope. Man bedienet sich zu den einen sowohl als zu den andern gewisser verschiedentlich gestalteter Gläser, deren verschiedene Gattungen ich sogleich erklären werde. Hauptsächlich giebt es deren drey, deren Benennung man von der Figur, die man der Oberfläche des Glases giebt, entlehnt hat.

Die erste Figur ist die plane, wo die Oberfläche eines Glases eben ist, wie die Oberfläche eines gewöhnlichen Spiegels. Man nehme z. E. ein Stück von einem Spiegel, schabe das Queckſilber von seiner hintern Oberfläche ab, so wird man ein Glas haben, dessen beyde Oberflächen eben sind, und dessen Dicke überall gleich ist.

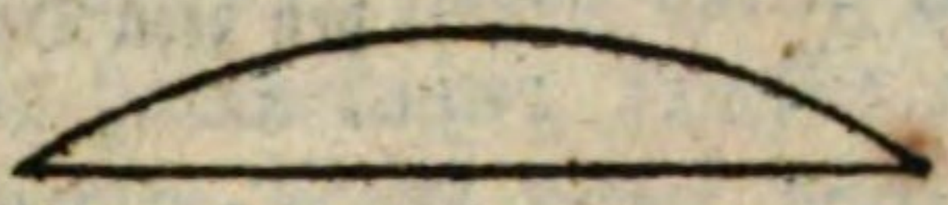
Die zwote Figur, die man der Oberfläche eines Glases geben kann, ist die convexe (erhabene); da das Glas in der Mitte erhabener ist als an dem Rande.

Die dritte Figur endlich ist die concave (hohle): das Glas ist alsdenn in der Mitte vertieft.

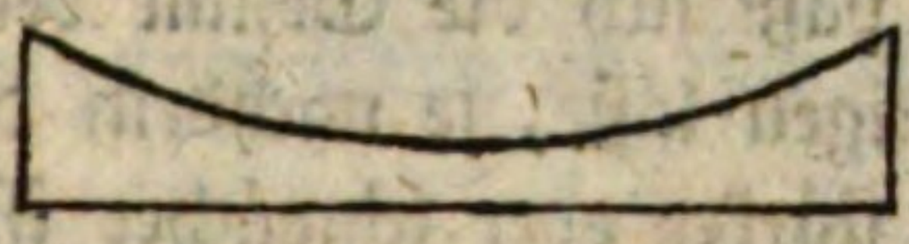
Aus diesen drey verschiedenen Figuren, die man der Oberfläche eines Glases geben kann, entstehen die sechs folgenden Gattungen von Gläsern.

I 

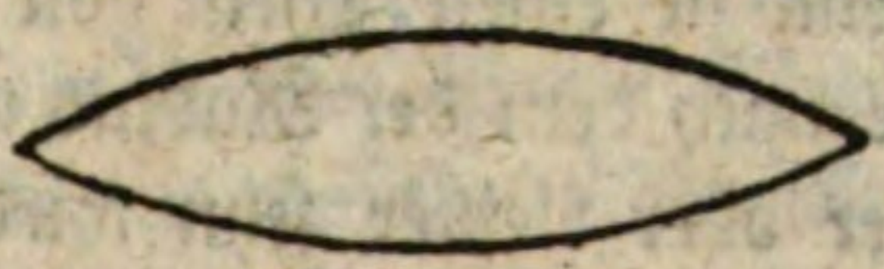
Das plan-plane Glas ist dasjenige, dessen beyde Flächen eben sind.

II. 

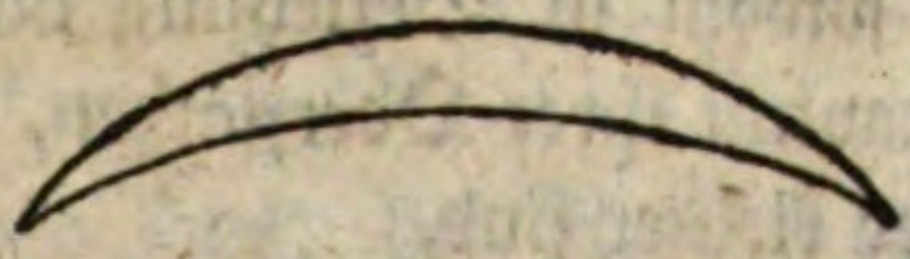
Bey dem plan-convexen Glase ist die eine Fläche eben und die andere erhaben.

III. 

Bey dem plan-concaven Glase ist die eine Fläche eben und die andere hohl.

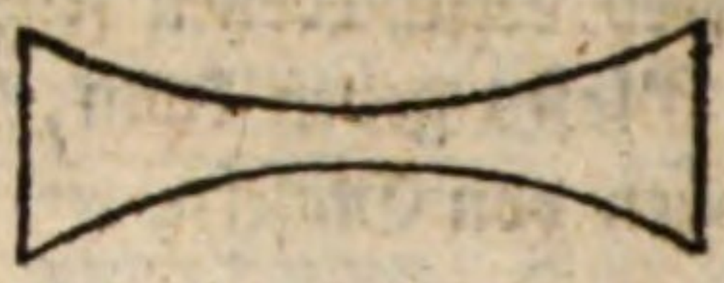
IV 

Das convex-convexe Glas ist, dessen beyde Flächen erhaben sind.

V. 

Das convex-concave Glas ist, dessen eine Fläche erhaben und die andere hohl ist.

VI.

VI. 

Das concav-concave Glas endlich ist, dessen beyde Flächen hohl sind.

Die beygefügten Figuren stellen die Schnitte der Gläser oder Linsen vor, die auf ihre Flächen senkrecht sind.

den 8ten December 1761.

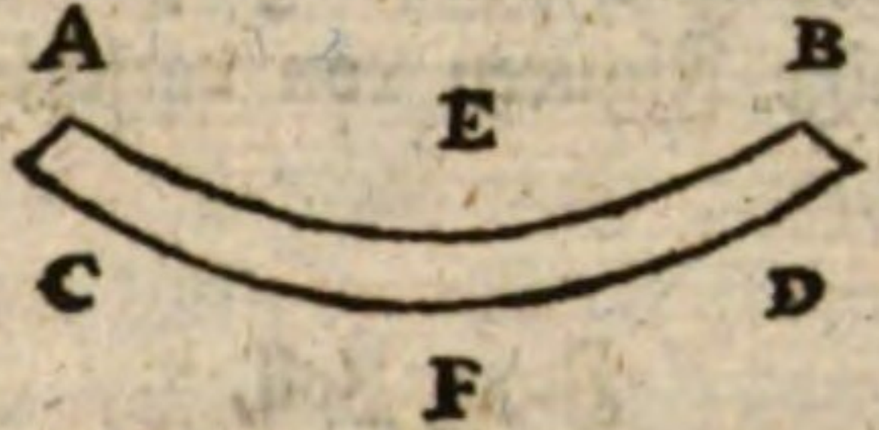
Hundert und acht und achtzigster Brief.

Aus demjenigen, was ich eben über die erhabenen und hohlen Flächen der Linsen gesagt habe, sehen Ew. Hoheit leicht, daß sich die Gestalt derselben ins Unendliche vervielfältigen läßt, je nachdem die Convexität oder die Concavität stärker oder schwächer ist. Was die ebenen Oberflächen betrifft, so giebt es deren nur eine Gattung, weil eine Oberfläche nur auf eine einzige Art eben seyn kann; aber eine convexe Oberfläche kann angesehen werden, als wenn sie einen Theil von einer Kugel ausmachte, und je nach dem der Radius oder Diameter dieser Kugel größer oder kleiner seyn wird, wird sich auch die Convexität vermindern oder vermehren. Oder auch, da wir die Gläser auf dem Papiere durch Zirkelbogen vorstellen, so entstehet eine unendliche Veränderlichkeit bey diesen Gläsern, sowohl in Beziehung auf die Convexität als auf die Concavität ihrer Oberflächen, je nach dem diese Zirkel größer oder kleiner sind.

Was die Art und Weise betrifft, wie man diese Gläser formt und polirt, so giebt man sich die äußerste Mühe, ihre Figur zirkel- oder kugelförmig zu machen: man bedient sich zu diesem Ende metallener Schalen, die

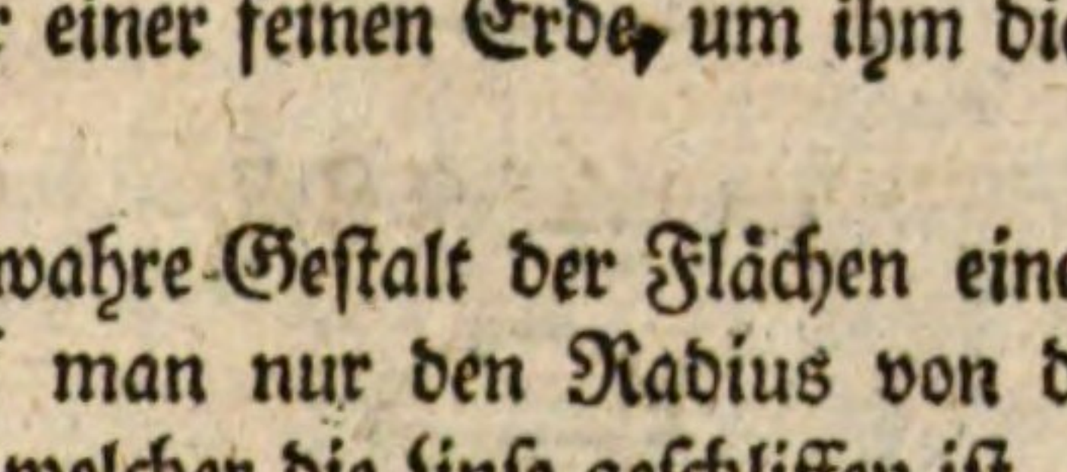
sowohl

sowohl auswendig als inwendig nach einer Kugelfigur abgedrehet sind.



Es sey AEB DFC der Durchschnitt einer solchen Schale, die zwey Flächen haben wird, deren jede einen besondern Radius haben kann; schleifet man ein Stück Glas auf der hohlen Seite dieser Schale AEB, so wird es convex; schleift man es aber auf der erhabenen Seite CFD, so wird es hohl oder concav. Man braucht zu diesem Schleifen anfänglich nur Sand, bis das Glas seine Figur bekommen hat, nachher bedient man sich aber einer feinen Erde, um ihm die letzte Politur zu geben.

Um die wahre Gestalt der Flächen einer Linse zu erkennen, darf man nur den Radius von der Fläche der Schale, aus welcher die Linse geschliffen ist, messen; denn das wahre Maaß von der Convexität sowohl als von der Concavität der Oberflächen ist der Radius des Zirkels oder der Kugel, die mit denselben übereinkommt, und von der sie einen Theil ausmachen.

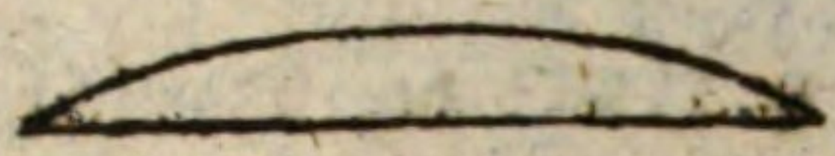


Wenn ich also sage, der Radius der converen Fläche AEB ist drey Zoll, so muß man verstehen, AEB sey ein Zirkelbogen, der durch einen Radius von drey Zoll beschrieben worden. Die andere Fläche AB ist hier eben.

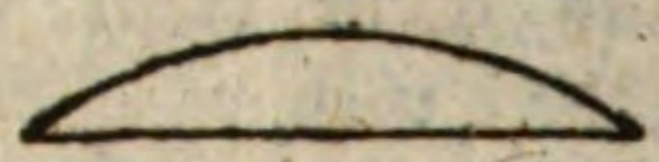
Um

Um Ew. Hoheit noch deutlicher vor Augen zu stellen, wie sehr sich die Converitäten von einander unterscheiden, nachdem ihre Radii grösser oder kleiner sind, so werde ich einige Figuren von verschiedener Converität versetzen.

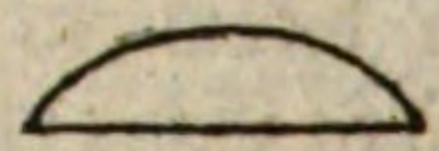
Zwey Zoll,



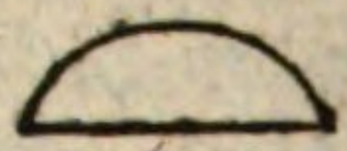
ein Zoll,



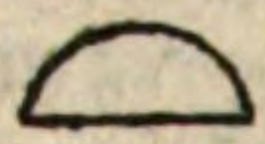
ein halber Zoll,



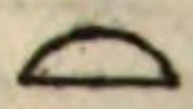
ein drittheil Zoll,



ein fünftheil Zoll,



ein sechstheil Zoll,

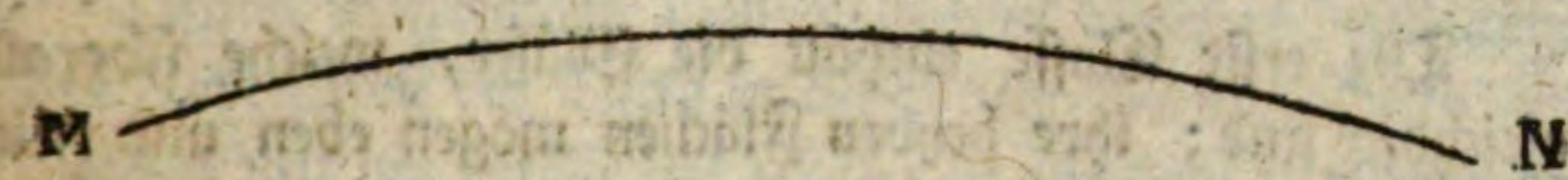


ein achttheil Zoll,

Man

Man sieht hieraus: je kleiner der Radius ist, desto mehr ist die Oberfläche gekrümmt, und desto größer ist der Unterschied zwischen ihr und der ebenen; je größer hingegen der Radius ist, desto mehr nähert sich die Oberfläche der ebenen, oder desto mehr nähert sich der Zirkelbogen der geraden Linie. Wenn ich den Radius noch größer machte, so würde man die Krümmung endlich fast gar nicht spüren.

Kaum bemerkt man sie mehr in dem Bogen MN, dessen Radius 6 Zoll oder einen halben Fuß lang ist;



und wenn der Radius noch zehn- oder hundertmal größer wäre, so würde die Krümmung dem Gesichte endlich ganz unmerkbar werden.

Es ist indessen in Ansehung der Dioptrik ganz anders beschaffen, und ich werde die Ehre haben Ew. Hoheit in der Folge zu zeigen, daß, wenn gleich der Radius hundert oder tausend Fuß lang wäre, und wir gleich die Krümmung selbst nicht bemerken könnten, ihre Wirkung demohnerachtet sehr merkbar bleiben würde. In der That müßte der Radius unendlich groß seyn, wenn die Fläche desselben vollkommen eben werden sollte. Ew. Hoheit können hieraus folgern, daß eine ebene Fläche als eine convexe oder auch als eine concave Fläche betrachtet werden kann, sobald ihre Radii unendlich groß sind. Dieß ist der Fall, wo sich die Convexität und Concavität in einander verlieren, dergestalt, daß die ebene Fläche zwischen beyden in der Mitte steht, und die Convexität von der Concavität scheidet.

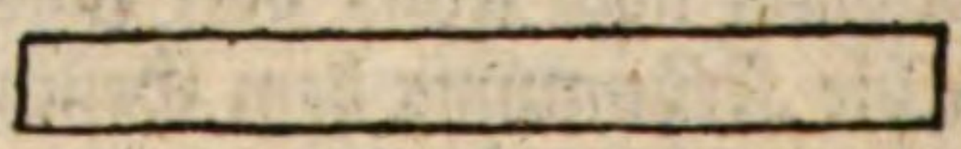
Je kleiner aber die Radii sind, desto merkbarer oder größer werden die Convexitäten und Concavitäten, und

daher

daher sagt man umgekehrt, daß eine Convexität oder Concavität um desto größer sey, je kleiner ihr Maaß, der Radius, ist.

So groß nun übrigens die Verschiedenheit seyn mag, die man bey den Linsen oder Gläsern antreffen kann, nach Maaßgabe ihrer beyden Flächen, die entweder eben, oder convex oder concav, und dieß hinwiederum auf unendlich verschiedene Arten seyn können: so kann man sie demohnerachtet, in Ansehung der Wirkungen, welche in der Dioptrik daher entstehen, in folgende drey Hauptclassen ordnen.

Die erste Classe enthält die Gläser, welche überall gleichdick sind; ihre beyden Flächen mögen eben und mit einander parallel seyn,



oder die eine mag convex und die andere concav seyn, wenn sie nur concentrisch oder aus einem Centro beschrieben sind, dergestalt, daß die Dicke sich überall gleich bleibt.

Von diesen Gläsern muß man anmerken, daß sie bey der Erscheinung der Gegenstände, welche wir durch sie sehen, nichts verändern. Es ist, als wenn nichts zwischen unsern Augen und den Gegenständen wäre; und aus dieser Ursache sind diese Gläser auch in der Dioptrik von keinem Nutzen. Nicht, als wenn die Stralen, die in ein solches Glas fallen, gar keine Brechung erlitten, sondern weil die Brechung beym Eintritt durch die beym Austritt völlig wieder gehoben wird, so daß die Stralen, nachdem sie durch das Glas gegangen sind, die Richtung, welche sie vor dem Eintritt hatten, wieder bekommen. Die Gläser von

den

den beyden andern Classen machen also wegen ihrer Wirkung den Hauptgegenstand der Dioptrik aus.

Die zweyte Classe der Gläser enthält diejenigen, welche um die Mitte dicker sind als an den Ränden,

plan = convex. convex = convex. convex = concav oder Menisken.

Ihre Wirkungen bleiben immer dieselben, so lange der Ueberschuß der Dicke in der Mitte über die Dicke am Rande mit der Größe des Glases in gleichem Verhältnisse steht. Man nennt gewöhnlich alle Gläser von dieser Classe convexe, weil die Convexität überwiegt, obgleich sonst eine von ihren Flächen plan oder gar concav seyn mag.

Die dritte Classe enthält Gläser, welche gegen den Rand dicker sind, als in der Mitte,

concav = convex oder Menisken. concav = concav. plan = concav.

und welche alle gleiche Wirkung hervorbringen, weil diese von der größern Dicke der Ränder in Vergleichung mit der Dicke der Mitte abhänget. Da die Concavität bey allen diesen Gläsern von der dritten Classe überwiegend ist, so nennt man sie schlechtweg concave. Man muß sie genau von denen, die zur zweyten Classe gehören, unterscheiden, welche man convexe nennt.

Von den Gläsern dieser beyden letztern Classen und ihren Wirkungen in der Dioptrik gedenke ich Ew. Hoheit in meinen folgenden Briefen zu unterhalten.

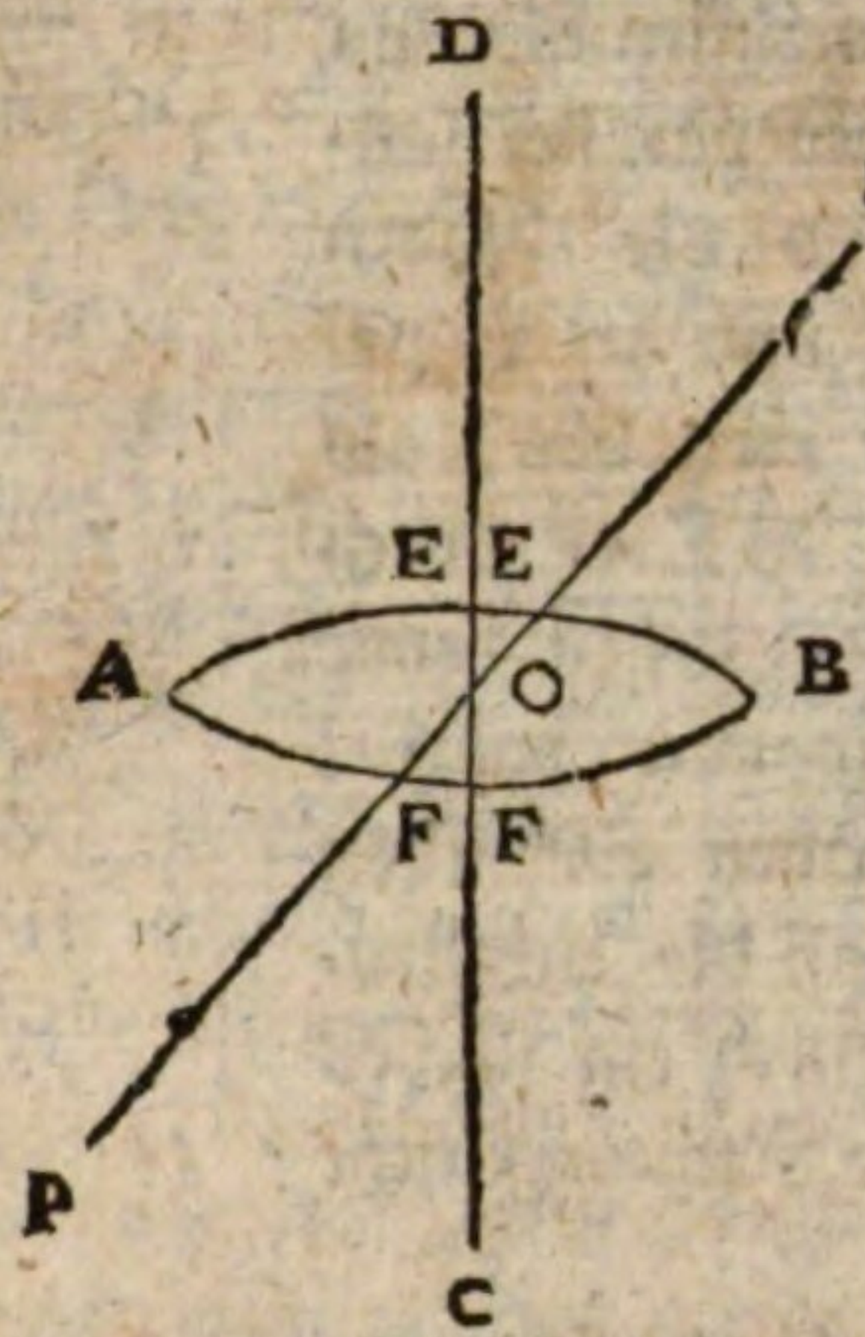
den 12ten December 1761.

Die Stelle am Ende, wo gesagt wird, daß die Wirkungen dieselben bleiben, so lange der Ueberschuß der Dicke in der Mitte über die Dicke am Rande mit der Größe des Glases in gleichem Verhältnisse steht, ist dunkel. Es wird aber genug seyn, wenn man sagt, daß die Wirkung ähnlich bleibt, wenn das Glas in der Mitte dicker als am Rande ist.

Hundert und neun und achtzigster Brief.

Um die Wirkungen zu erklären, welche die converen Gläser sowohl als die concaven bey der Erscheinung der Gegenstände hervorbringen, muß man zwey Fälle unterscheiden: den ersten, wo der Gegenstand von dem Glase sehr weit entfernt ist, und den andern, wo er sich mehr in der Nähe befindet.

Aber ehe ich diese Erklärung unternehme, muß ich erst ein paar Worte von der sogenannten Axe eines solchen Glases sagen. Da die beyden Flächen durch Zirkelbogen vorgestellt werden, so darf man nur eine gerade Linie durch die Mittelpunkte dieser beyden Zirkel ziehen; diese Linie heißt die Axe des Glases. Also heißt in der hier beygefügten Figur des Glases A B, wo der Mittelpunkt des Bogens A E B in C, und der Mittelpunkt des Bogens A F B in D ist, die gerade Linie C D die Axe dieses Glases; und es ist leicht zu sehen, daß diese Axe durch die Mitte des Glases gehet. Eben so verhält es sich auch, wenn die Flächen der Gläser concav sind. Wenn aber die eine platt ist, so wird die Axe auf derselben perpendiculär stehen, indem sie durch den Mittelpunkt der andern Fläche geht.



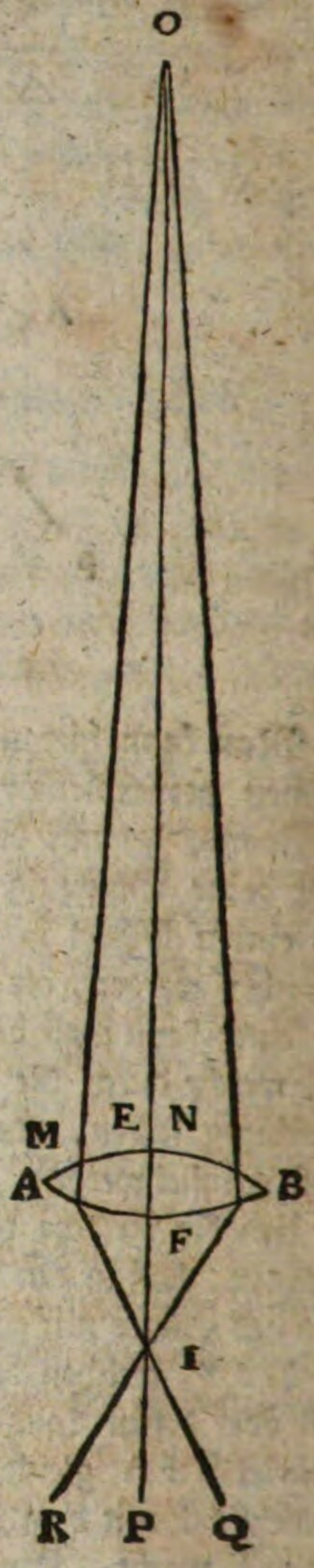
Man kann hieraus sehen, daß die Axe die beyden Flächen perpendiculär durchschneidet, und daß also ein Lichtstrahl, der mit der Axe einerley Direction hat, daselbst keine Brechung leide, weil die Strahlen, welche aus einem Mittel in das andere gehen, nur in so fern gebrochen werden, als sie nicht perpendiculär hineinfallen.

Auch kann man beweisen, daß alle die andern Strahlen, welche durch die Mitte O des Glases gehen, keine Brechung leiden, oder daß sie vielmehr wieder mit sich selbst parallel werden.

Um die Ursache hievon zu begreifen, darf man nur erwägen, daß in den Punkten E und F die beyden Flächen des Glases mit einander parallel sind; denn der Winkel MEB, welchen der Stral ME mit dem Zirkelbogen EB oder dessen Tangenten in E macht, ist offenbar dem Winkel PFA gleich, welchen eben dieser verlängerte Strahl EP mit dem Zirkelbogen AF oder dessen Tangenten in F macht. Ew. Hoheit erinnern sich, daß zwey solche Winkel Wechselwinkel genennt werden, und daß es erwiesen ist, daß, wenn die Wechselwinkel einander gleich

sind, die geraden Linien alsdenn auch mit einander parallel laufen: folglich sind die beyden Tangenten in E und in F parallel, und es ist eben das, als wenn der Stral MEFP durch ein Glas gienge, dessen beyde Flächen mit einander parallel wären. Wir haben aber schon oben gesehen, daß die Lichtstralen, wenn sie durch ein solches Glas gehen, ihre Richtung nicht verändern.

Nachdem wir dieß angemerkt haben, wollen wir ein convexes Glas AB betrachten, dessen Axe die gerade Linie OEFP seyn mag; wir wollen annehmen, daß in einer sehr weiten Entfernung von dem Glase über dessen Axe sich ein Object oder auch ein leuchtender Punkt O befinde, welcher überall Strahlen verbreitet: es werden alsdann auch einige davon durch unser Glas fallen, wie hier z. E. OM, OE und ON, von denen der mittelste OE keine Brechung leiden, sondern seinen Weg durch das Glas fortsetzen wird nach der Direction FIP. Indem die beyden andern Stralen OM und ON an dem Rande des Glases durchgehen, so werden sie daselbst gebrochen, sowohl beym



Ein-

Einfallen als beym Ausfallen, dergestalt, daß sie wieder irgendwo, wie hier in I, mit der Axe zusammenkommen, und alsdenn ihren Weg nach den Richtungen I Q und I R fortsetzen: man kann auch beweisen, daß alle andere Strahlen, welche zwischen M und N fallen, gebrochen werden, dergestalt, daß sie sich mit der Axe in demselben Punkt I wieder vereinigen. Die Stralen also, welche ohne Dazwischenkunft des Glases, ihren geradlinigten Lauf O M und O N fortgesetzt haben würden, folgen nach der Brechung einem andern Lauf, so als wenn sie aus dem Punkt I ausgefahren wären; und wenn sich ein Auge in dem Punkt I' befände, so würde es auf eben die Art gerührt werden, als wenn der leuchtende Punkt wirklich in I wäre, ob er gleich nicht wirklich da ist. Ew. Hoheit dürfen nur auf eine kurze Zeit annehmen, daß in I ein wirklicher Gegenstand sey, welcher, indem er seine Strahlen verbreitet, auf gleiche Art von einem Auge, das in P stünde, gesehen würde, so wie es gegenwärtig den in O befindlichen Gegenstand mittelst der durchs Glas gebrochenen Strahlen siehet. Aus dieser Ursache, weil sich in I das Bild des Gegenstandes O befindet, und weil das Glas A B daselbst den Gegenstand O darstellt, oder ihn nach I versetzet, so ist nicht mehr der Punkt O, sondern vielmehr sein Bild, das in I vorgestellt ist, der eigentliche Gegenstand des Sehens.

Es ist also eine wichtige Veränderung, welche dieß Glas hervorbringt, wodurch ein sehr entfernter Gegenstand O mit einemmale in I versetzt wird, woher das Auge ohne Zweifel einen andern Eindruck empfangen muß, als wenn man das Glas wegnähme, und das Auge unmittelbar den wahren Gegenstand O sähe. Gedenken Ew. Hoheit sich in O einen Stern, so wird, weil wir voraussetzen, daß der Punkt O sehr weit entfernt ist, das Glas in I uns das Bild dieses Sterns vorstellen, aber ein solches Bild, das man nicht fühlen kann, und das in der That keine

Realität hat, weil in I nichts Reelles ist; denn es sind blos die Strahlen, welche von dem Punkt O ausgehen, die sich durch die Brechung des Glases in I wieder sammeln. Man muß sich ferner nicht einbilden, daß der Stern uns auf eben die Art erscheine, als wenn der Gegenstand oder der Stern wirklich in I wäre. Wie könnte wohl ein Körper, der viele tausendmal größer ist als die Erde, in I wirklich existiren? Alle unsere Sinne würden davon auf eine ganz andere Art gerührt werden: man muß also wohl merken, daß in I nichts als ein Bild vorgestellt ist, das ohngefähr dem Bilde gleicht, welches sich von einem Sterne in dem Innersten des Auges entwirft, oder demjenigen, welches wir in einem Spiegel sehen, dessen Wirkung nichts befremdendes hat.

den 15ten December 1761.

Der geometrische Beweis, daß der durch die Mitte eines Glases gehende Strahl sich parallel bleibt, setzt voraus, daß das Glas auf beyden Seiten gleich gekrümmt sey. Ist dieses nicht, so giebt es freylich doch einen solchen Punkt, wie es bey einem gleichseitigen Glase der Mittelpunkt der Dicke ist, der aber der einen oder der andern Fläche näher liegt. Es ist aber weder möglich noch nöthig, die Bestimmung dieses Punktes vorzunehmen. Von dem, was bey einem gleichseitigen Glase gilt, kann man den Schluß auf ein ungleichseitiges machen.

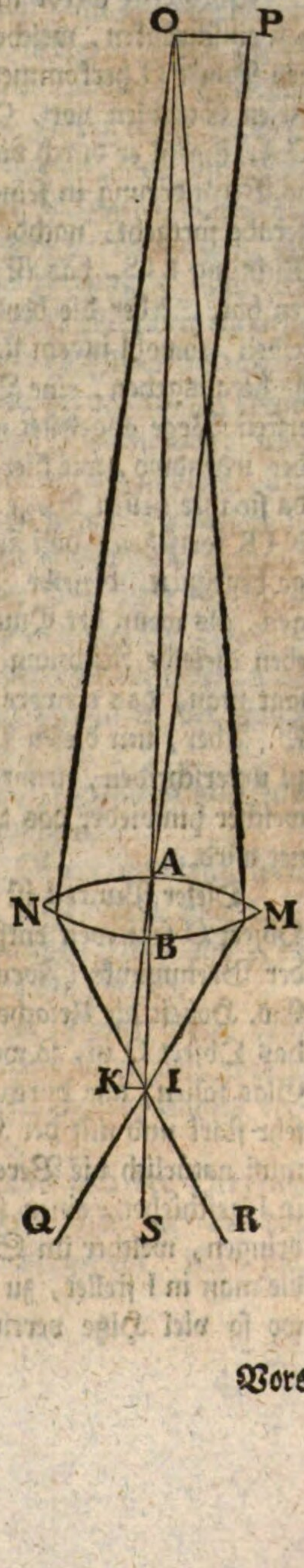
Hundert und neunzigster Brief.

In diesem Briefe werde ich Ew. Hoheit die Wirkung erklären, welche die converen Gläser, oder diejenigen, welche in der Mitte dicker sind als an dem Rande, hervorbringen. Alles kömmt nur darauf an, die Veränderung zu bestimmen, welche die Strahlen, indem sie durch ein solches Glas gehen, in ihrem Wege leiden.

Um

Um diese Untersuchung in ihr volles Licht zu stellen, muß man zween Fälle wohl unterscheiden: den einen, wo der Gegenstand von dem Glase sehr weit entfernt, und den andern, wo er sehr nahe bey demselben ist. Ich werde also zuvörderst den ersten Fall betrachten, wo der Gegenstand von dem Glase sehr weit entfernt ist.

In dieser Figur ist M N das convexe Glas, und die gerade Linie O A B I S dessen Axe, welche perpendiculär durch die Mitte des Glases fällt. Im Vorbeygehen wollen wir anmerken, daß diese Eigenschaft, da nemlich die Axe eines jeden Glases perpendiculär durch die Mitte desselben gehet, uns die richtigste Idee giebt, die man sich davon machen kann. Wir wollen uns jetzt einbilden, daß in O sich ein Gegenstand O P befinde, welchen ich hier als eine gerade Linie vorstelle, er mag übrigens eine Gestalt haben, wie er nur immer wolle; und da ein jeder Punkt dieses Gegenstandes seine Strahlen auf alle Seiten hinwirft, so ist hier nur von denen die Rede, welche auf das Glas fallen.



Vors erste werde ich meine Untersuchung auf diejenigen einschränken, welche von dem in der Axe selbst gelegenen Punkt O herkommen. Die Figur stellt uns drey von diesen Strahlen vor, OA, OM und ON, deren erster OA, indem er durch die Mitte des Glases geht, gar keine Veränderung in seinem Wege leidet, auf welchem er gerade fortgeht, nachdem er das Glas nach seiner ersten Richtung BIS, das ist, in der Axe desselben, durchschnitten hat. Aber die beyden andern Stralen OM und ON leiden, sowohl indem sie in das Glas fallen, als indem sie herausgehen, eine Brechung, wodurch sie von ihrem ersten Wege abgeleitet werden, dergestalt, daß sie sich wieder irgendwo, wie hier in I, mit der Axe vereinigen, von da sie ihre neuen Wege in den geraden Linien MIQ und NIR fortsetzen; daß sie in der Folge, wenn sie einem Auge begegnen, dieselbe Wirkung in demselben hervorbringen, als wenn der Punkt O wirklich in I wäre, weil sie eben dieselbe Richtung nehmen. Aus diesem Grunde sagt man, das convexe Glas versetze den Gegenstand O in I. Aber, um diesen Punkt I von dem wahren Punkt O zu unterscheiden, nennt man jenen das Bild von diesem, welcher hinwieder das Object oder der Gegenstand genennet wird.

Dieser Punkt I ist sehr merkwürdig, und wenn das Object O sehr weit entfernt ist, so wird dessen Bild auch der Brennpunkt (Focus) des Glases genennt; wovon ich Ew. Hoheit die Ursache erklären will. Wenn die Sonne das Object O ist, so werden ihre Strahlen, welche auf das Glas fallen, alle durch dasselbe in I vereinigt; und da sie sehr stark und mit der Kraft zu erwärmen begabt sind, so muß natürlich die Vereinigung so vieler Strahlen, welche in I geschiehet, einen sehr hohen Grad der Hitze hervorbringen, welcher im Stande ist, die brennbaren Dinge, die man in I stellet, zu verzehren. Da nun aber der Ort, wo so viel Hitze vereinigt ist, der Brennpunkt genennt

wird: so ist die Ursache klar, warum man sich dieser Benennung bey den converen Gläsern bedient. Aus dieser Ursache nennt man auch ein solches converes Glas ein Brennglas, dessen Wirkungen Ew. Hoheit ohne Zweifel bekannt seyn werden. Ich merke nur an, daß diese Eigenschaft, die Strahlen der Sonne in einen gewissen Punkt, welchen man ihren Brennpunkt nennt, zu vereinigen, allen converen Gläsern eigen ist; sie vereinigen auch die Strahlen des Mondes, der Sterne und aller weit entfernten Körper an derselben Stelle; und ob ihre Kraft gleich zu klein ist, als daß sie einige Wärme hervorbringen könnte, so behält man doch die Benennung Brennpunkt; und also ist der Brennpunkt eines Glases nichts anders, als der Ort, wo das Bild sehr weit entfernter Gegenstände vorgestellt wird: wozu man noch diese Bedingung hinzufügen muß, daß der Gegenstand in der Axe selbst von dem Glase gelegen seyn muß; denn wenn er außer der Axe wäre, so würde sein Bild auch außer der Axe vorgestellt werden. Ich werde Gelegenheit haben hievon in der Folge zu reden.

Uebrigens ist es nicht undienlich, folgende Anmerkungen über den Brennpunkt noch beyzufügen.

2) Da der Punkt O oder das Object unendlich weit entfernt ist; so können die Stralen O M, O A und O N als mit einander parallel betrachtet werden, und aus eben dem Grunde als parallel mit der Axe des Glases.

2) Der Brennpunkt I ist also der Punkt hinter dem Glase, wo die mit der Axe parallelen Strahlen, welche auf das Glas fallen, durch die Brechung des Glases vereinigt werden.

3) Der Brennpunkt eines Glases und der Ort, wo das Bild eines unendlich entfernten und in der Axe des Glases gelegenen Gegenstandes vorgestellt ist, sind einerley.

4) Die Entfernung des Punktes I hinter dem Glase, oder der Abstand B I, heißt der Abstand des Brennpunkts von dem Glase, oder die Brennweite.

5) Jedes convexe Glas hat seine besondere Brennweite, das eine größer, das andere kleiner, welches man leicht findet, wenn man das Glas gegen die Sonne stellt, und Acht giebt, wo sich die Strahlen vereinigen.

6) Die Gläser, welche durch die Bogen kleiner Zirkel gebildet sind, haben ihren Brennpunkt sehr nahe hinter sich; aber von denjenigen, deren Flächen große Halbmesser haben, liegt der Brennpunkt viel entfernter.

7) Es ist von Wichtigkeit, die Brennweite eines *jeden* convexen Glases, dessen man sich in der Dioptrik bedient, zu wissen, und man darf nur den Brennpunkt desselben kennen, um von allen den Wirkungen zu urtheilen, welche man davon sowohl bey den Fernröhren oder Teleskopen, als bey den Mikroskopen zu erwarten hat.

8) Wenn man sich solcher Gläser bedient, welche von beyden Seiten gleich convex sind, dergestalt, daß beyde Flächen nach demselben Zirkel gekrümmt sind, so giebt der Radius dieses Zirkels ohngefähr die Brennweite dieses Glases an. Um also ein Brennglas zu machen, welches in der Entfernung eines Fußes brennen soll, darf man nur seine beyden Flächen nach einem Zirkel bilden, dessen Radius einen Fuß groß ist.

9) Wenn aber das Glas plan-convex ist, so ist seine Brennweite ohngefähr dem Durchmesser desjenigen Zirkels gleich, nach welchem die convexe Seite gekrümmt ist.

Die Kenntniß dieser Kunstwörter wird dasjenige, was wir noch zu sagen haben, leicht verständlich machen.

den 19ten December 1761.

Man pflegt fast immer, wenn von einem Brennglase oder Brennspiegel die Rede ist, die Wirkung des Brennens unrichtig, oder doch undeutlich zu erklären. Da die

Sa-

Sache so gemein ist, und sie ebenfalls hier nicht in das gehörige Licht gesetzt ist, so wird es nicht überflüßig seyn, sie hier mit wenigem zu erklären.

Es stelle in der Figur dieses Briefes (S. 167.) O den Mittelpunkt der Sonne, P einen Punkt des Sonnenrandes vor. Die Strahlen, welche von O her auf die Fläche des Glases MN fallen, werden in I vereinigt, so wie die von P herkommenden in dem Punkt K, der auf der Linie PK liegt, die durch die Mitte des Glases von P her gezogen ist, und zwar da, wo das auf der Axe in I errichtete Perpendikel die Linie IK trifft. Wenn das Glas eine gegen seine Brennweite beträchtliche Breite hat, so werden freylich die von O kommenden Strahlen nicht vollkommen in einen einzigen Punkt I zusammengebracht, wie es im 213ten Briefe umständlich erklärt ist; und eben so vereinigen sich die zu dem Punkte P gehörigen Strahlen auch nicht ganz genau in einem einzigen Punkte. Allein diese Zerstreuung ist bey einer mäßigen Breite des Glases unbeträchtlich, und hat überdem auf die Wirkung des Brennens, wovon hier die Rede ist, gar keinen Einfluß. — Man stelle sich nun vor, daß die ganze Figur um die Axe OABIS gedrehet werde, so beschreibt OP die Sonnenscheibe, MANB das Glas, und IK einen Kreis, den ich den **Brennraum** nennen will. In diesem Kreise sind alle die Strahlen enthalten, welche von allen Punkten der Sonnenscheibe auf die Fläche des Glases fallen. Daraus erhellet sogleich, warum die Wirkung der Sonnenstrahlen in dem Brennraume so mächtig werden kann. Denn sovielmal die Fläche des Brennraums, oder des mit IK beschriebenen Kreises kleiner ist, als die Oberfläche des Glases NAM, so vielmal dichter sind die Strahlen in diesem Brennraume dichter zusammen, als auf der Fläche des Glases, und soviel kann man also die Hitze in dem Brennraume größer als die natürliche schätzen. Einige Strahlen

gehen

gehen in dem Glase und durch die Zurückwerfung verloren auf welche wir hier aber nicht achten.

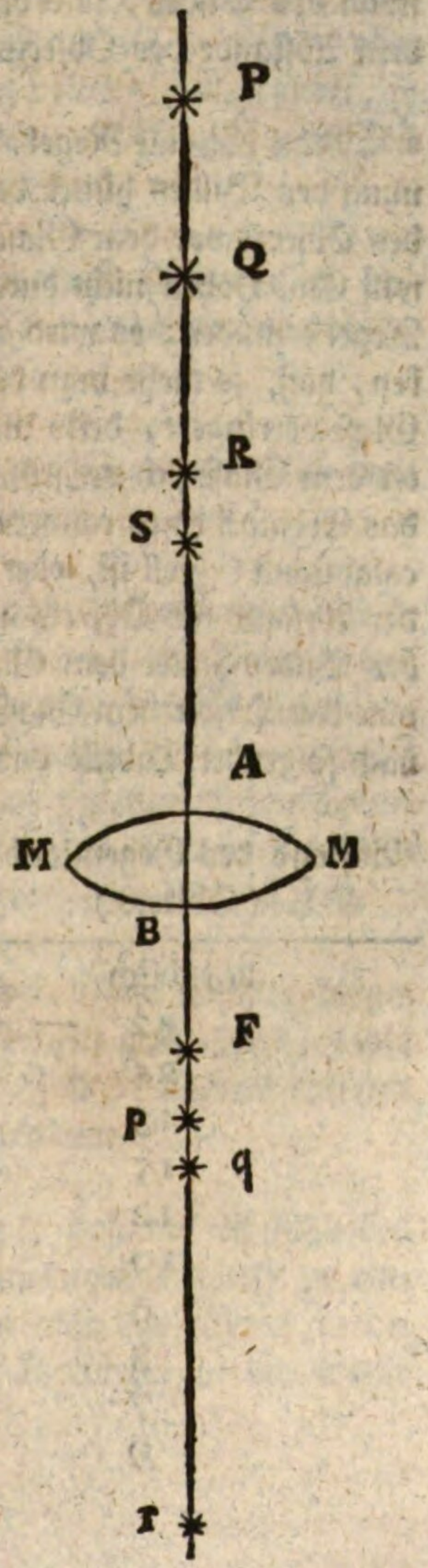
Der Halbmesser IK des Brennraums ist etwa der 228ste Theil der Brennweite; die halbe Breite des Glases kann aber dem 6ten Theile der Brennweite gleich und noch größer genommen werden. Folglich ist, wenn wir nur den 6ten Theil der Brennweite nehmen, die Breite des Glases 38mal größer als die Breite des Brennraums, und daher ist die Fläche des Glases 1444mal größer als die Fläche des Brennraumes. So vielmal und noch mehr kann also die Hitze in dem Brennraume die natürliche Sonnenwärme übertreffen.

Ein kleines Brennglas kann die Sonnenstrahlen eben so sehr verdichten, als ein sehr großes, ob es gleich darum nicht gleiche Dienste mit diesem thut. Die Ursache davon ist, daß das kleine Glas nicht genug Strahlen auffängt, um die bey einer größern Menge von Strahlen mögliche Wirkung zu leisten. Es ist auch zum Brennen und Schmelzen eines Körpers nicht genug, daß ein kleiner Fleck von ihm erhitzt werde, sondern es müssen soviel Theilchen als möglich von den verdichteten Sonnenstrahlen getroffen werden, damit die Hitze nicht in die benachbarten, nicht getroffenen Theile übergehe, und dadurch geschwächt werde.

Hun-

Hundert und ein und neunzigster Brief.

Da ich angemerkt habe, daß ein unendlich entfernter Gegenstand durch ein convexes Glas in dem Brennpunkte desselben vorgestellt wird, wenn sich nur dieser Gegenstand in der Axe des Glases befindet, so gehe ich zu den nähern, aber auch in der Axe des Glases belegenen Gegenständen über, und bemerke gleich anfangs, daß je mehr der Gegenstand sich dem Glase nähert, desto weiter dessen Bild sich entferne.



Wir wollen also annehmen, F sey der Brennpunkt des Glases MM, dergestalt, daß von einem vor dem Glase oder über die Figur hinaus unendlich entfernten Gegenstande das Bild in F vorgestellt sey; alsdann wird, indem man den Gegenstand dem Glase nähert und ihn nach und nach in P, Q, R stellet, dessen Bild sich in dem Punkt P, q, r vorstellen, immer weiter entfernt von dem Glase, als dessen Brennpunkt: nemlich, wenn AP der Abstand des Objects ist, so ist Bp der Abstand des Bildes; und

wenn

wenn A Q der Abstand des Objects ist, so ist B q der Abstand des Bildes, und der Abstand B r des Bildes wird dem Abstande des Objects A r zugehören.

Man hat eine Regel, nach welcher man die Entfernung des Bildes hinter dem Glase für einen jeden Abstand des Objects vor dem Glase leicht berechnen kann; aber ich will Ew. Hoheit nicht durch eine trockene Erklärung dieser Regel ermüden; es wird genug seyn, überhaupt anzumerken, daß, je mehr man den Abstand des Objects vor dem Glase verringert, desto mehr der Abstand des Bildes hinter dem Glase sich vergrößere. Ich werde noch überdem das Exempel eines converen Glases hinzufügen, dessen Focalabstand 6 Zoll ist, oder eines solchen Glases, wo, wenn der Abstand des Objects unendlich weit ist, der Abstand des Bildes hinter dem Glase genau 6 Zoll ist; wenn man nun das Object dem Glase nähert, so wird sich das Bild nach folgender Tabelle davon entfernen.

Abstand des Gegenstandes (Objects)	Abstand des Bildes
unendlich	6
42	7
24	8
18	9
15	10
12	12
10	15
9	18
8	24
7	42
9	unendlich

Wenn

Wenn also das Object 42 Zoll vom Glase entfernt ist, so wird das Bild in der Entfernung von 7 Zoll fallen, folglich einen Zoll weiter, als der Focus ist. Wenn aber das Object sich in der Entfernung von 24 Zoll befindet, so wird das Bild 8 Zoll entfernt seyn, und folglich zwey Zoll weiter als der Focus, und so ferner.

Ob diese Zahlen gleich nur zu einem Glase passen, dessen Brennweite 6 Zoll ist, so kann man dennoch einige allgemeine Folgen daraus herleiten.

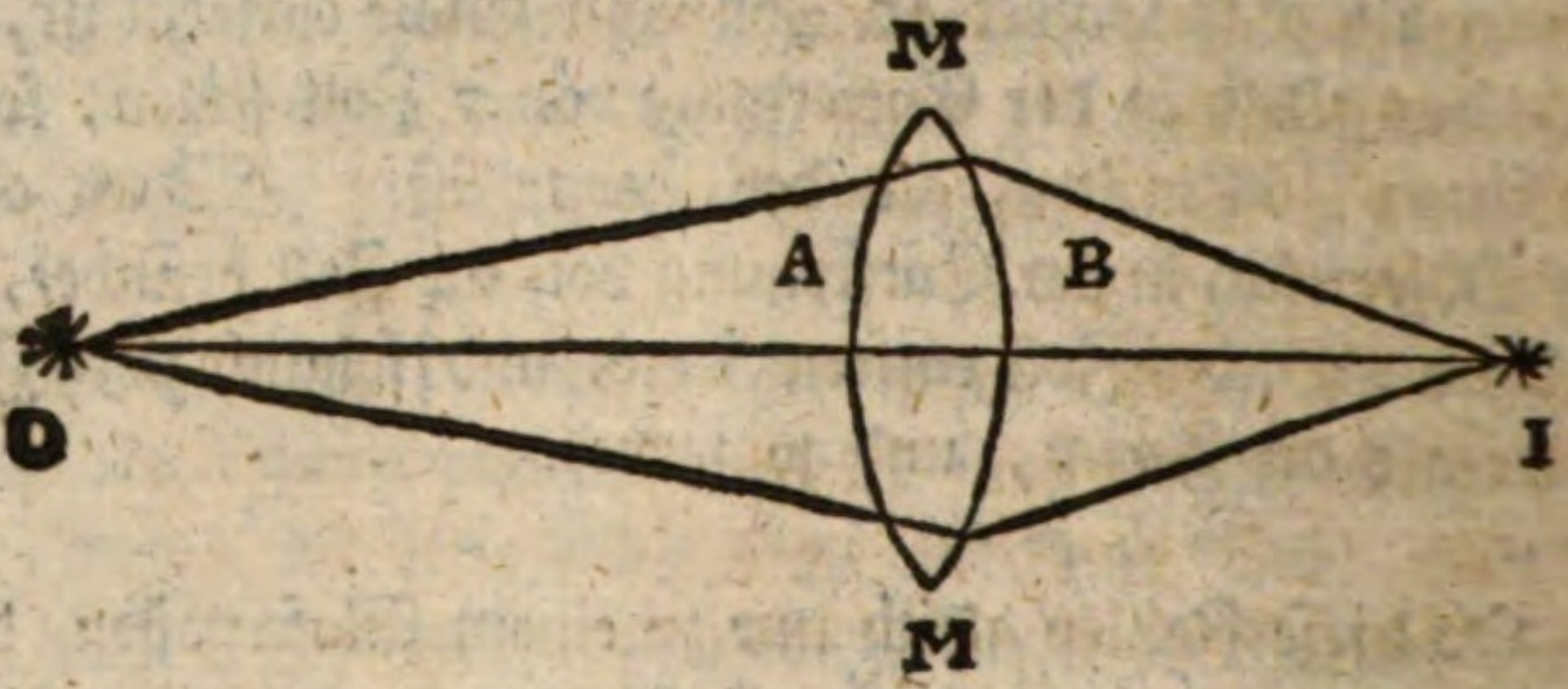
1) Wenn die Entfernung des Objects unendlich weit ist, so fällt das Bild in den Brennpunkt selbst.

2) Wenn die Entfernung des Objects zweymal so groß ist, als die Brennweite, so wird der Abstand des Bildes auch zweymal so groß seyn, als der Focalabstand, oder das Object und das Bild werden beyde gleichweit vom Glase entfernt seyn. In dem vorangeführten Exempel ist der Abstand des Objects 12 Zoll, und folglich auch der Abstand des Bildes eben so groß, nemlich 12 Zoll.

3) Wenn man das Object dem Glase nähert, dergestalt, daß sein Abstand der Brennweite gleich wird, (wie in dem vorigen Exempel auf 6 Zoll,) alsdenn entfernt sich das Bild ins Unendliche hinter dem Glase.

4) Auch sieht man überhaupt, daß der Abstand des Objects und der Abstand des Glases wechselsweise zu einander gehören; oder, daß, wenn man das Object in die Stelle des Bildes setzet, das Bild wieder in die Stelle des Objects tritt.

5) Wenn



5) Wenn also das Glas M M die Strahlen, welche aus dem Punkt O entspringen, in I versammlet, so wird auch eben dieß Glas hinwieder die Strahlen, welche aus dem Punkt I entspringen, in O versammlen.

6) Dieß ist die Folge eines wichtigen Grundsatzes der Dioptrik, kraft dessen man behauptet, daß, was auch die Strahlen für Brechungen gelitten haben mögen, indem sie durch verschiedene brechende Mittel fahren, sie doch immer rückwärts denselben Weg nehmen.

Diese Wahrheit ist sehr wichtig in der Lehre von den Gläsern: also, wenn ich zum Beyspiel weiß, daß ein Glas in der Entfernung von 8 Zoll das Bild eines auf 24 Zoll weit entfernten Objects vorgestellet hat; so kann ich daraus sicher folgern, daß, wenn das Object 8 Zoll entfernt wäre, das nemliche Glas das Bild davon in einer Entfernung von 24 Zoll vorstellen würde.

Es gehört auch hieher zu bemerken, daß, sobald der Abstand des Objects dem Abstand des Brennpunktes gleich ist, sich das Bild den Augenblick ins Unendliche entfernen werde; aber dieß stimmt vollkommen mit dem Verhältnisse überein, das sich zwischen dem Object und dem Bilde findet.

Ew. Hoheit werden hier ohne Zweifel begierig seyn zu erfahren, an welcher Stelle das Bild werde vorgestellet werden, wenn man das Object dem Glase noch weiter dergestalt nähert, daß sein Abstand geringer wird, als der

Abstand des Brennpunkts. Diese Frage scheint uns in Verlegenheit zu setzen, weil man antworten müßte, daß alsdenn die Entfernung des Bildes größer seyn müßte als das Unendliche; indem, je näher das Object dem Glase gebracht wird, desto mehr das Bild sich entfernt. Aber, da das Bild bereits ins Unendliche entfernt ist, wie ist es möglich, daß der Abstand noch größer werden könne? Diese Frage könnte ohne Zweifel den Philosophen zu schaffen machen, aber in der Mathematik ist es leicht darauf zu antworten. Das Bild geht aus einer unendlichen Entfernung auf die andere Seite des Glases über, und folglich auf eben diejenige, wo der Gegenstand sich befindet; es erscheinet also jenseit des Gegenstandes.

So sonderbar diese Antwort scheinen mag, so folgt sie doch nicht allein aus den Begriffen vom Unendlichen, sondern wird auch durch die Erfahrung bestätigt, dergestalt, daß man an ihrer Richtigkeit gar nicht zweifeln kann; über das Unendliche fortwachsen und auf die andere Seite hinübergehen, ist hier einerley, so paradox es auch seyn mag.

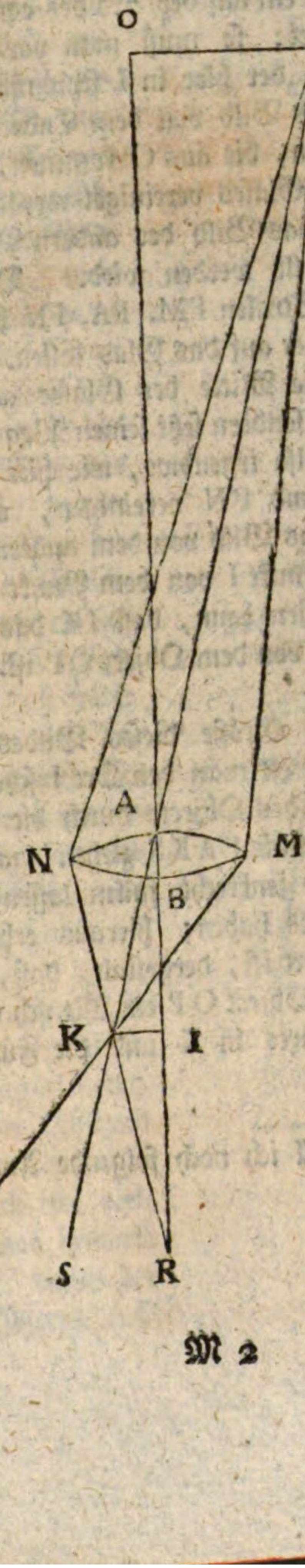
den 22sten December 1761.

Hundert und zwey und neunzigster Brief.

Ew. Hoheit werden jetzt nicht daran zweifeln, daß ein jedes convexes Glas nicht irgendwo ein Bild von den Gegenständen, die vor ihm stehen, vorstelle, und daß in jedem Falle der Ort des Bildes sich verändere, so oft sich die Entfernung des Objects oder der Abstand des Brennpuncts verändert; aber ich habe noch einen wichtigen Artikel zu erklären, welcher die Größe des Bildes betrifft.

Wenn uns ein solches Glas das Bild der Sonne, des Mondes oder eines Sterns in der Entfernung eines Fußes vorstellt, so können Ew. Hoheit sich leicht vorstellen, daß diese Bilder unendlich kleiner sind, als die Gegenstände selbst. Da ein Stern viel größer ist als die ganze Erde, wie wäre es möglich, daß uns ein eben so großes Bild in der Entfernung eines Fußes sollte vorgestellet werden können? Da uns aber ein Stern als ein Punkt erscheint, so gleicht dessen Bild, welches durch das vorgestellt wird, auch einem Punkte, und ist folglich unendlichmal kleiner als das Object selbst.

Bey jeder Vorstellung, welche durch die Gläser geschieht, giebt es also zwey Stücke zu bemerken: das eine betrifft den Ort, wo das Bild vorgestellt wird; und das andere die wirkliche Größe des Bildes, welche von der Größe des Objects sehr verschieden seyn kann. Da das erste schon hinlänglich erläutert ist, so werde ich Ew. Hoheit jetzt eine ganz einfache Regel erklären, durch welche Dieselben im Stande seyn werden, in einem jeden Falle beurtheilen zu können, wie groß das durch ein Glas vorgestellte Bild seyn müsse.

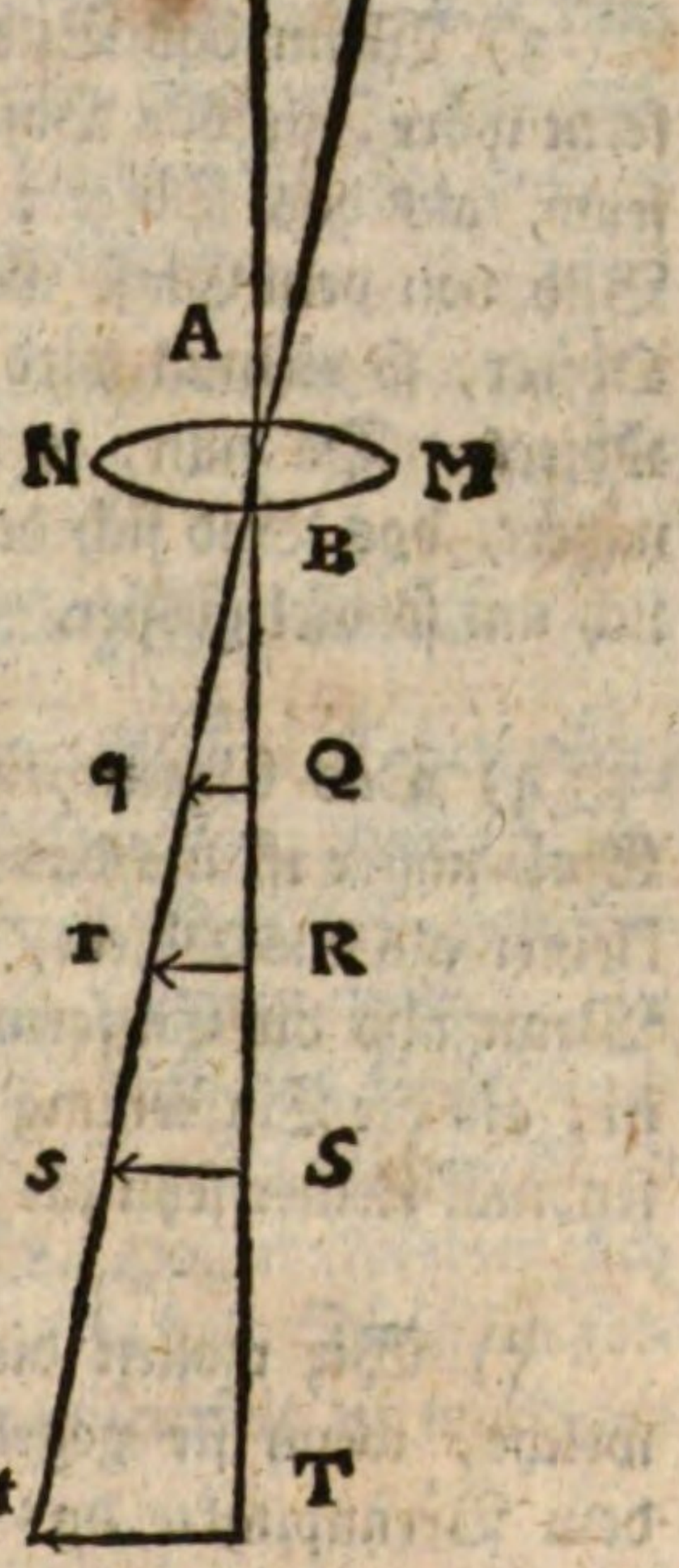

O
P
A
N
M
B
K
I
Q
S
R

Es sey O P ein auf der Axe des converen Glases M N stehendes Object: so muß man vor allen den Ort des Bildes suchen, der hier in I seyn mag, dergestalt, daß der Punkt I das Bild von dem Ende O des Objects ist, weil die Stralen, die aus O kommen, daselbst durch die Brechung des Glases vereiniget werden. Nun wollen wir sehen, wo das Bild des andern Punktes P von dem Objekte vorgestellt werden wird. Dieses zu erfahren, wollen wir die Stralen PM, PA, PN betrachten, die von dem Puncte P her auf das Glas fallen. Der Stral P A, welcher durch die Mitte des Glases gehet, ändert seine Richtung nicht, sondern setzt seinen Weg A K S gerade fort: es werden sich also irgendwo, wie hier in K, die andern Stralen P M und P N vereinigen, oder vielmehr der Punkt K wird das Bild von dem andern Ende P des Objects, und der Punkt I von dem Punkt O seyn; woraus man leicht schließen kann, daß I K das durch das Glas vorgestellte Bild von dem Object O P ist.

Um also die Größe dieses Bildes zu bestimmen, darf man nur, weil man den Ort I schon gefunden hat, von dem Ende P des Objects durch die Mitte des Glases A die gerade Linie P A K S ziehen, und in I die Linie I K auf die Achse senkrecht fallen lassen, so wird man das verlangte Bild haben; hieraus erhellet aber, daß dieses Bild verkehrt ist, dergestalt, daß, wenn O R horizontal, und das Object O P ein Mensch wäre, das Bild den Kopf unterwärts in K und die Füße in der Höhe hätte in I.

Außerdem will ich noch folgende Anmerkungen hinzufügen.

1) Je näher das Bild dem Glase ist, desto kleiner, und je weiter vom Glase, desto größer ist es. Da nun also OP das in der Axe vor dem Glase MN gelegene Object ist, so würde das Bild, wenn es in Q fiele, weit kleiner seyn, als wenn es in R, in S oder T fiele. Denn weil die gerade Linie PAt, welche von der Spitze P des Objects durch die Mitte des Glases gezogen ist, immer das Ende des Bildes bestimmt, in welcher Entfernung von dem Glase es sich auch immer befinden möge, so ist ganz klar, daß unter den Linien Qq, Rr, Ss, Tt, die erste Qq die kleinste ist, und daß die andern immer länger werden, je weiter sie sich von dem Glase entfernen.



2) Es giebt einen Fall, wo das Bild genau eben so groß ist, als das Object, wenn nemlich der Abstand des Bildes dem Abstande des Objects gleich ist, welches, wie ich schon bemerkt habe, geschiehet, wenn der Abstand des Objects AO

zweymal größer ist als die Brennweite des Glases; alsdann ist Tt das Bild, dergestalt, daß die Entfernung BT gleich ist der Entfernung AO. Jetzt haben Ew. Hoheit nur die beyden Dreyecke OAP und TAt zu betrachten, in welchen die an der Spitze A entgegengesetzten Winkel, so wie die beyden Seiten AO und AT einander gleich, überdem noch die Winkel bey O und T rechte sind: diese beyden Dreyecke sind also einander gleich, und folglich ist die Seite Tt, welche das Bild ist, gleich der Seite OP oder dem Gegenstande.

3) Wenn das Bild zweymal weiter vom Glase entfernt wäre, als das Object, so würde es zweymal größer seyn, als das Object; und überhaupt, so vielmal das Bild von dem Glase weiter entfernt seyn wird, als das Object, so vielmal wird es auch größer werden, als das Object. Da nun, je mehr man das Object dem Glase nähert, das Bild sich desto mehr entfernt, so wird es folglich um so viel größer.

4) Das Gegentheil geschiehet, wenn das Bild dem Glase näher ist als das Object; alsdann ist es so vielmal kleiner als das Object, so vielmal näher es dem Glase ist. Wenn also die Entfernung des Bildes tausendmal kleiner ist, als die Entfernung des Objects, so wird es auch tausendmal kleiner seyn als das Object.

5) Wir wollen dieß auf die Brenngläser anwenden, welche, wenn sie gegen die Sonne gehalten werden, in dem Brennpunkte das Bild der Sonne vorstellen, oder den Focus, diesen lichten und glänzenden Kreis, welcher brennet, und nichts anders ist, als das Bild der Sonne, das durch das Glas vorgestellet wird. Ew. Hoheit werden daher sich nicht wundern, daß dieses Bild so klein ist, obgleich die Sonne so außerordentlich groß ist, weil dieß

Bild

Bild in dem Brennpunkte so viel kleiner als die wirkliche Sonne ist, so vielmal der Abstand der Sonne den Abstand des Bildes vom Glase übertrifft.

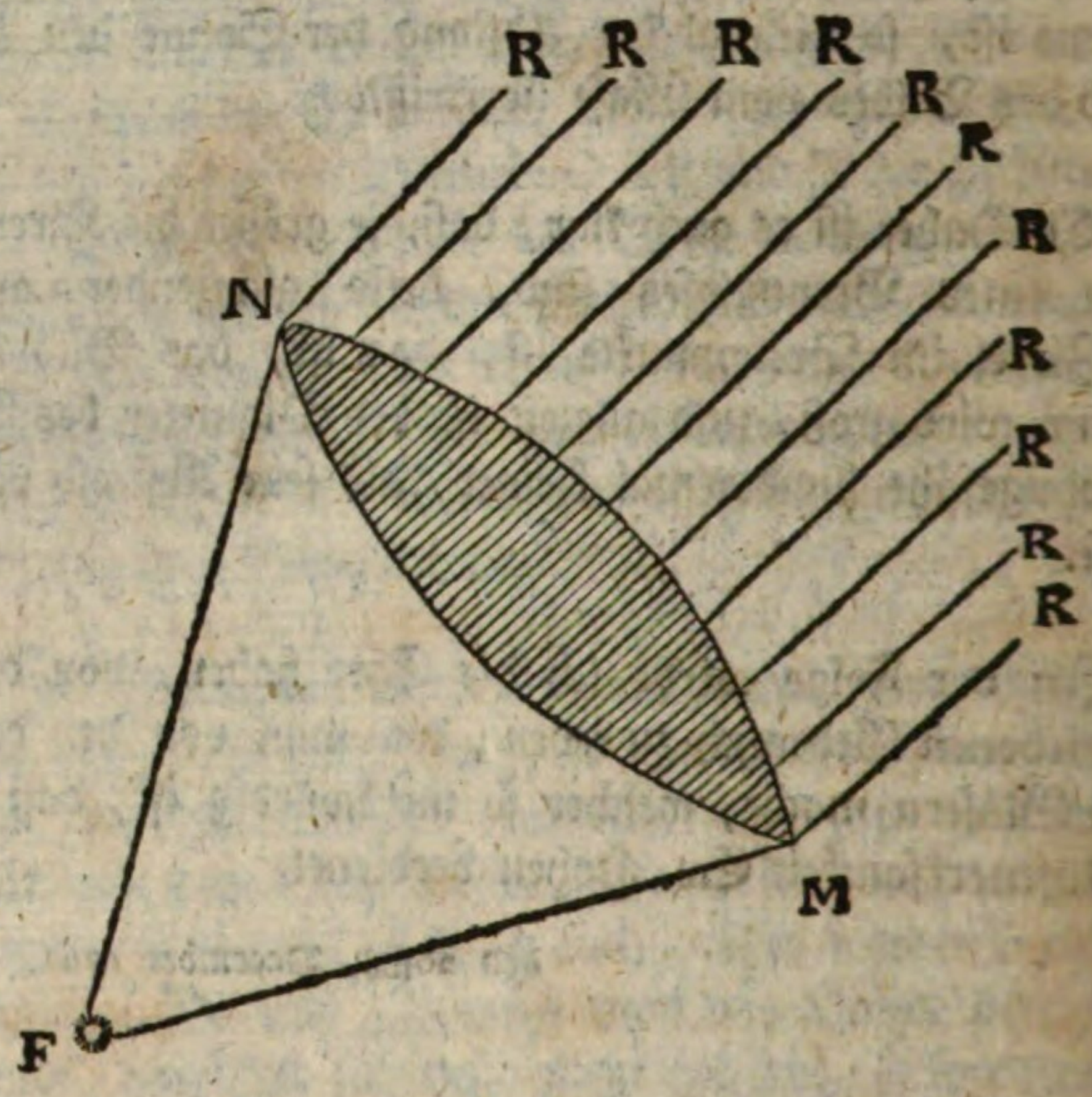
6) Daher ist es auch klar, daß, je größer die Brennweite eines Brennglases sind, desto glänzender auch der Zirkel im Brennpunkte ist, das ist, das Bild der Sonne wird groß, und allezeit ist der Diameter des Focus ohngefähr hundertmal kleiner, als sein Abstand vom Glase.

In der Folge werde ich die Ehre haben, von dem verschiedenen Gebrauch zu reden, den man von den convexen Gläsern macht, welcher so merkwürdig ist, daß er die Aufmerksamkeit Ew. Hoheit verdienet.

den 26sten December 1761.

Hundert und drey und neunzigster Brief.

Der erste Nutzen der convexen Gläser ist derjenige, den man von den Brenngläsern hat, deren Wirkung selbst denen, die schon einige Kenntniß von der Physik haben, bewundernswürdig scheinen muß. In der That, wer sollte wohl glauben, daß das bloße Bild der Sonne im Stande sey, einen so erstaunlichen Grad von Hitze hervorzubringen? Ew. Hoheit werden sich aber hierüber nicht mehr wundern, so bald Dieselben folgende Bemerkungen einiger Aufmerksamkeit zu würdigen belieben.



1) Es sey MN ein Brennglas, welches auf seiner Oberfläche die Sonnenstralen R, R, R empfängt, welche dergestalt gebrochen werden, daß sie in F einen kleinen lichten Zirkel vorstellen, welcher das Bild der Sonne ist, und der desto kleiner ist, je näher er sich dem Glase befindet.

2) Alle Stralen, welche auf die Oberfläche des Glases fallen, sind in dem kleinen Raum des Focus F vereinigt, und also muß ihre Wirkung daselbst um so vielmal größer seyn, als die Oberfläche des Glases den Focus oder das Bild der Sonne an Größe übersteigt. Man sagt, daß die Stralen, welche über die ganze Oberfläche des Glases verstreut waren, in dem kleinen Raum F concentrirt sind.

3) Nun haben aber die Stralen der Sonne schon einen gewissen Grad der Wärme: sie muß also in dem Focus weit stärker empfindlich seyn; man kann sogar wissen, wie vielmal dieser Grad der Hitze die natürliche Wärme der Sonnenstralen übersteige: man darf nur berechnen, wie vielmal größer die Oberfläche des Glases ist, als der Focus.

4) Wenn das Glas nicht viel größer wäre als der Focus, so würde die Wärme nicht größer seyn als die natürliche; hieraus ist zu schließen, daß, wenn ein Brennglas eine große Wirkung hervorbringen soll, es nicht genug ist, daß es convex sey, oder daß es das Bild der Sonne vorstelle, sondern es wird noch überdem erfordert, daß es eine große Oberfläche habe, die sehr vielmal die Größe des Focus übersteige, welcher um so viel kleiner ist, je näher er sich dem Glase befindet.

5) Das allervortrefflichste Brennglas befindet sich in Frankreich. Seine Breite ist 3 Fuß, und man schätzet seine Oberfläche zweytausendmal größer als den Focus oder das Bild der Sonne, welches es vorstellt. Es muß also in dem Focus eine Hitze hervorbringen, die zweytausendmal größer ist als diejenige, die wir fühlen, wenn wir der Sonne ausgesetzt sind. Auch sind die Wirkungen dieses Glases erstaunlich. In dem ersten Augenblicke setzt es Holz, von welcher Gattung es auch sey, in Flammen; es schmelzt die Metalle in wenigen Minuten; und überhaupt ist das schärfste und brennendste Feuer, das man hervorbringen kann, mit der Heftigkeit des Focus von diesem Glase nicht zu vergleichen.

6) Man schätzet die Hitze des siedenden Wassers ungefähr dreymal größer, als diejenige, die wir im Sommer von den Sonnenstralen empfinden; oder welches auf eben das hinauskommt, die Hitze des siedenden Wassers ist dreymal größer als die natürliche Wärme des Bluts in

dem menschlichen Körper. Aber um Bley zu schmelzen braucht man eine dreymal größere Hitze, als man braucht um Wasser aufzusieden, und zum Kupferschmelzen braucht man eine Hitze, die noch dreymal stärker ist. Gold erfordert einen noch größern Grad von Hitze: es folgt also hieraus, daß eine Hitze, die hundertmal stärker ist, als die Wärme unsers Bluts, schon im Stande ist, Gold zu schmelzen; wie vielmal muß also nicht eine zweytausendmal größere Hitze die Kraft der gewöhnlichen Arten des Feuers übersteigen!

7) Woher kommt es aber, daß die in dem Focus eines solchen Glases vereinigten Sonnenstralen diese erstaunlichen Wirkungen hervorbringen? Dieß ist eine schwere Frage, über welche die Philosophen sehr getheilt sind. Diejenigen, welche behaupten, daß die Stralen wirkliche Ausflüsse der Sonne sind, die mit der großen Geschwindigkeit herabschießen, von welcher ich Ew. Hoheit einen Begriff zu machen die Ehre gehabt habe, sind hiebey nicht in Verlegenheit; sie dürfen nur sagen, daß die Materie der Stralen, indem sie mit Gewalt in die Körper dringt, die kleinsten Theilchen derselben nothwendig zerbrechen und zerstören müsse. Aber diese Meinung muß in der gesunden Physik nicht mehr statt finden.

8) Die andere Meinung, welche die Natur des Lichts in eine Erschütterung des Aethers setzt, scheint zur Erklärung der wundervollen Wirkungen der Brenngläser nicht recht geschickt zu seyn. Erwägt man unterdessen alle Umstände genau, so wird man bald von der Möglichkeit überzeugt werden. Wenn die natürlichen Sonnenstralen auf einen Körper fallen, so setzen sie die kleinern Theile seiner Oberfläche in Erschütterung, und erregen eine Vibration, die hinwieder im Stande ist, neue Stralen zu erregen, welche uns eben diesen Körper sichtbar machen. Und ein Körper ist nur in so fern hell oder erleuchtet, in

so

so fern seine eigenen Theile in eine so schnelle Vibration gesetzt sind, daß sie sich im Stande befinden, neue Stralen in dem Aether hervorzubringen.

9) Nunmehr ist es klar, daß, wenn die natürlichen Stralen der Sonne Kraft genug haben, die kleineren Theile der Körper zu erschüttern, die in dem Focus versammleten Stralen die Theile der daselbst vorhandenen Körper in eine so gewaltsame Bewegung setzen müssen, daß das Band, welches sie verknüpft, sogleich zerrissen, und der Körper selbst gänzlich zerstört wird; welches die Wirkung des Feuers ist. Denn ist der Körper brennbar wie das Holz, so treibt die Auflösung seiner kleinern Theile, die mit der heftigsten Bewegung verknüpft ist, einen guten Theil davon, in Gestalt des Rauches, in die Luft, und die gröbern Theile bleiben unter der Gestalt der Asche zurück. Die schmelzbaren Körper, wie die Metalle, werden durch die Auflösung ihre Theile flüßig; und hieraus kann man abnehmen, wie das Feuer auf die Körper wirkt; es greift die Verbindung ihrer kleinsten Theile an, und setzt darauf die Theile selbst in die heftigste Bewegung. Dieß ist also die wunderbare Wirkung der Brenngläser, welche in der Natur der converen Gläser ihren Ursprung hat: ich werde die Ehre haben, Ew. Hoheit noch andere Merkwürdigkeiten von ihnen zu erzählen.

den 28ten December 1761.

Hundert und vier und neunzigster Brief.

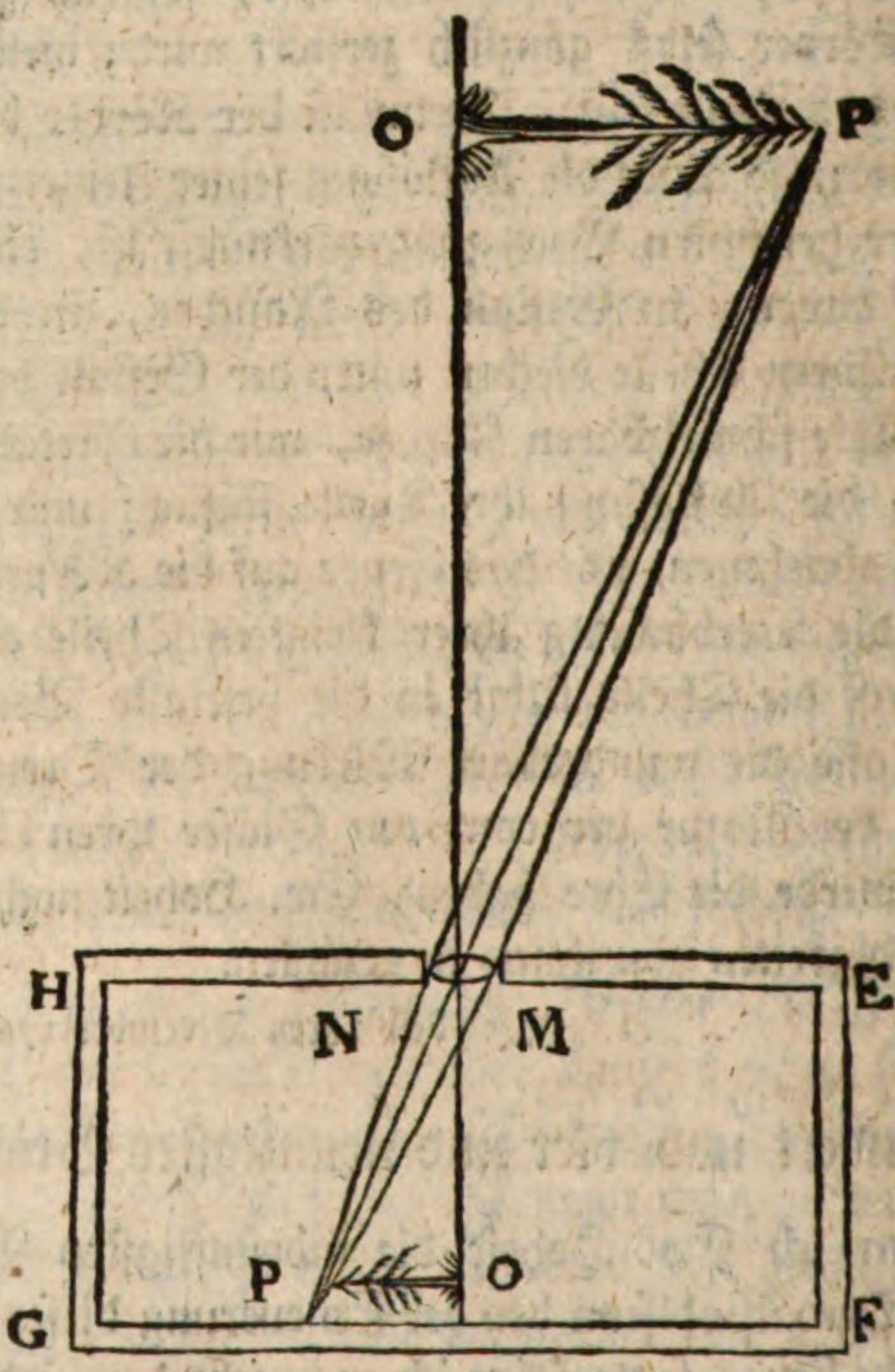
Nachdem ich Ew. Hoheit die inbrünstigsten Wünsche für Dero Wohlseyn bey der Erneuerung dieses Jahres dargebracht habe, so verfolge ich nunmehr den Faden meines Vortrages.

Man braucht auch die converen Gläser in der Camera obscura, wo durch ein solches Glas alle auswärtige Gegenstände in dem Zimmer, mit ihren natürlichen Farben, auf

einer

einer weissen Oberfläche vorgestellt werden, dergestalt, daß die ganze Gegend in einer weit größern Vollkommenheit auf derselben erscheint, als sie ein Maler abbilden könnte. Auch bedienen sich die Maler dieses Kunstgriffs, um Landschaften und andere Dinge, die man in der Entfernung sieht, mit Genauigkeit zu zeichnen.

Von dieser Camera obscura habe ich mir vorgesetzt Ew. Hoheit zu unterhalten.



Diese Figur EFGH stellet den Durchschnitt eines finstern, von allen Seiten sorgfältig zugemachten Zimmers vor, wo man in einem Fensterladen ein rundes Loch MN gemacht hat, darinn man ein convexes Glas befestigt,

dessen

dessen Focus so beschaffen ist, daß das Bild der auswärts belegenen Objecte, wie z. E. des Baums O P, ganz genau auf die gegenüberstehende Mauer F G in o p falle. Man bedient sich auch einer weissen und beweglichen Tafel, die man an den Ort setzt, wo sich die Bilder vorstellen.

Die Lichtstralen können also nur durch dieß Loch M N, wo sich das Glas befindet, in das Zimmer dringen, ohne welches eine völlige Dunkelheit in demselben herrschen würde.

Nunmehr wollen wir den Punkt P eines Objects, z. E. den Gipfel unsers Baums O P bemerken. Seine Stralen P M, P N und der mittlere werden also auf das Glas M N fallen und durch dasselbe gebrochen werden, dergestalt, daß sie sich von neuem in dem Punkt p an der Mauer oder an einer Tafel, die an diese Stelle gesetzt ist, vereinigen. Dieser Punkt p wird folglich keine andere Stralen empfangen, als diejenigen, welche aus dem Punkt P kommen; eben so wird auch ein jeder anderer Punkt auf der Tafel keine andere Stralen empfangen, als diejenigen, die von dem ihm entsprechenden Theile des Objects kommen; und umgekehrt wird einem jeden Punkte des auswärtigen Objects ein Punkt auf der Tafel entsprechen, der von ihm allein die Stralen empfängt. Wenn man das Glas von dem Loche M N wegnähme, so würde die Tafel ganz anders erhellet werden, weil alsdenn jeder Punkt des Objects seine Stralen über die ganze Tafel verbreiten würde; dergestalt, daß jeder Punkt der Tafel von allen auswärtigen Gegenständen zugleich erhellet würde, anstatt daß er jetzt nur von einem einzigen Punkt des Objects, von dem er die Stralen empfängt, erhellet wird. Hieraus werden Ew. Hoheit leicht begreifen, daß die Wirkung ganz anders seyn muß, als wenn die Stralen geradezu durch das Loch M N in das Zimmer fielen.

Wir wollen ferner sehen, worinn dieser Unterschied bestehe, und wollen annehmen, daß der Punkt P des Objects grün sey; der Punkt p an der Tafel wird also nur die grünen Stralen des Objekts P auffangen, welche durch ihre Vereinigung einen gewissen Eindruck machen, der hier zu untersuchen ist. Zu diesem Ende werden Ew. Hochheit geruhen, sich folgender Sätze zu erinnern, welche ich Denselben zu erklären ehemals die Ehre gehabt habe.

1) Die verschiedenen Farben unterscheiden sich auf eben die Art von einander, wie die verschiedenen Töne in der Musik: eine jede Farbe wird hervorgebracht durch eine gewisse bestimmte Zahl von Schwingungen, welche in einer gegebenen Zeit in dem Aether erregt werden. Also ist die grüne Farbe unsers Punkts P mit einer gewissen Anzahl von Schwingungen verknüpft, und sie würde aufhören grün zu seyn, wenn diese Schwingungen mehr oder weniger schnell wären. Ob uns gleich die Anzahl der Schwingungen, welche diese oder jene Farbe hervorbringen, nicht bekannt ist, so wird es uns doch immer erlaubt seyn, hier anzunehmen, daß die grüne Farbe 12000 Schwingungen in einer Secunde erfordere; und was wir hier von der angenommenen Zahl 12000 sagen, wird sich auch leicht von der wahren Zahl verstehen, sie sey welche sie wolle.

2) Dieß zum Grunde gesetzt, wird der Punkt p auf der weissen Tafel von einer schwingenden Bewegung getroffen, die zwölftausendmal in einer Secunde geschieht. Nun habe ich aber angemerkt, daß alle Theile einer weissen Oberfläche von Natur aufgelegt sind, alle Arten von Erschütterungen, sie mögen mehr oder weniger schnell seyn, anzunehmen; da hingegen die Theile einer farbichten Oberfläche nur denjenigen Grad der Geschwindigkeit in der Bewegung anzunehmen geschickt sind, der ihrer Farbe angemessen ist. Weil also unsere Tafel weiß ist, so wird der Punkt p in eine schwingende Bewegung gesetzt seyn, die

sich zu der grünen Farbe schickt, das ist, er wird 12000 mal in einer Secunde bewegt werden.

3) So oft folglich der Punkt p oder der Theil der weissen Oberfläche, welcher sich in p befindet, von einer gleichen Bewegung erschüttert wird, so wird er die nemlichen Bewegungen den Theilchen des Aethers, die ihn umgeben, mittheilen; und da diese Bewegung sich überall verbreitet, so wird sie Stralen von eben der Natur, das ist, grüne Stralen hervorbringen: eben so wie bey den Tönen der bloße Schall eines gewissen Tones, C zum Exempel, eine auf denselben Ton gestimmte Saite erschüttert, und sie ertönen macht, ohne daß sie berühret wird.

4) Der Punkt p von der weissen Tafel wird also grüne Stralen hervorbringen, so gut als wenn er mit dieser Farbe gefärbt wäre; und was ich hier von dem Punkte p gezeigt habe, wird ebenfalls von allen andern Punkten der erhellten Tafel gelten, deren jeder Stralen, und zwar von der Farbe erzeugen wird, die das Object hat, dessen Bild er vorstellt. Jeder Punkt der Tafel wird also unter einer gewissen Farbe sichtbar, auf eben die Art, als wenn er wirklich damit gefärbt wäre.

5) Man wird also auf der Tafel alle Farben der auswärtigen Objecte gewahr werden, deren Stralen durch das Glas in das Zimmer kommen: ein jeder Punkt insbesondere wird in der Farbe des ihm entsprechenden Objects erscheinen; und so wird man auf der Tafel mancherley Farben sehen, die da eben so geordnet sind, wie man sie an den Objecten selbst siehet, das ist, eine Malerey, oder vielmehr ein vollkommenes Gemälde, welches alle die Gegenstände, die sich außer dem finstern Zimmer vor dem Glase MN befinden, ganz natürlich vorstellt.

6) Alle diese Objecte werden unterdessen verkehrt auf der Tafel erscheinen, wie Ew. Hoheit leicht aus demjenigen, was ich in meinen vorhergehenden Briefen gesagt habe,

werden

werden abnehmen können. Der Stamm des Baums O wird in o, und der Gipfel P wird in p vorgestellt werden. Denn überhaupt muß ein jedes Object auf der weissen Tafel an dem Orte erscheinen, wo die gerade Linie hintrifft, die von dem Objekte P durch die Mitte des Glases gezogen wird; was oben ist, wird folglich unten vorgestellet werden, und was zur Linken ist, wird zur Rechten erscheinen; mit einem Wort, alles wird auf dem Gemälde umgekehrt seyn; demohnerachtet wird die Vorstellung viel genauer und viel vollkommener seyn, als sie der geschickteste Maler machen könnte.

7) Ew. Hoheit werden übrigens bemerken, daß dieses Gemälde desto kleiner seyn wird als die Objecte selbst, je kürzer die Brennweite des Glases ist. Die Gläser also, welche eine kurze Brennweite haben, stellen die Objecte klein vor; sollen sie groß erscheinen, so muß man sich dazu solcher Gläser bedienen, die eine längere Brennweite haben, oder die die Bilder in einer größern Entfernung vorstellen.

8) Um diese Vorstellungen mit größerer Bequemlichkeit betrachten zu können, fängt man die Stralen durch einen Spiegel auf, von dem sie dergestalt zurückprallen, daß sie die ganze Abbildung auf einer horizontalen Tafel entwerfen; welches besonders sehr bequem ist, wenn man dasjenige, was man daselbst vorgestellt sieht, abzeichnen will.

den 2ten Jänner 1761.

Es ist nur an den durch die Camera obscura vorgestellten Abbildungen dieses auszusetzen, daß die Entfernungen der hintereinander liegenden Gegenstände nicht merklich werden, sondern daß alles unmittelbar auf einander zu liegen scheint, weswegen ein Maler, der die Camera obscura zum Abzeichnen brauchen will, einige Aenderungen an

an der Abbildung machen muß. Es liegt dieß an dem Urtheil unserer Seele, welche, wenn man die Gegenstände selbst sieht, von ihren Entfernungen urtheilt, und sie darnach von einander rückt, wozu bey der Abbildung die Mittel fehlen.

Hundert und fünf und neunzigster Brief.

Ob Ew. Hoheit gleich über die Vorstellungen, welche in einer Camera obscura durch ein convexes Glas hervorgebracht werden, keinen Zweifel hegen werden, so hoffe ich doch, daß die folgenden Anmerkungen nicht überflüßig seyn sollen, weil sie dazu dienen, diese Materie in ein helleres Licht zu setzen.

1) Es ist fürs erste nothwendig, daß das Zimmer vollkommen dunkel sey; denn wenn es hell wäre, so würde die weisse Tafel von selbst sichtbar seyn, und da die Theilchen ihrer Oberfläche bereits erschüttert wären, so würden sie die Eindrücke der Stralen nicht mehr annehmen können, die sich vereinigten, um die Gegenstände außer dem Zimmer abzubilden. Unterdessen wird man doch schon auf der Tafel eine Art von Abbildung bemerken, woferne das Zimmer nur wenig hell ist, ob diese Abbildung gleich nicht so lebhaft seyn wird, als wenn das Zimmer ganz dunkel wäre.

2) Zum andern muß man das auf der weissen Tafel ausgedruckte Gemälde wohl unterscheiden von dem Bilde, welches das Glas durch seine eigene Natur vorstellt, wie ich bereits oben erklärt habe. Es ist zwar wahr, daß, wenn man die Tafel an denselben Ort stellt, wo die Gegenstände durch das Glas abgebildet werden, dieses Bild sich mit dem Gemälde, welches man auf der Tafel gewahr wird, vermischen wird; aber immer bleiben diese beyden Dinge doch von einer ganz verschiedenen Natur: das Bild ist nichts als ein Gespenst oder ein in der Luft herumflat-

ternder Schatten, der nur an gewissen Oertern sichtbar ist, unterdessen daß die Vorstellung ein wahres Gemälde bleibt, welches alle, die sich in dem Zimmer befinden, sehen können, und dem nichts als die Dauer fehlt.

3) Um sich diesen Unterschied noch einleuchtender zu machen, darf man nur die Natur des Bildes o betrachten, welches in der beygefügten Figur durch das convexe Glas MN vorgestellt wird, und dessen Object sich in O befindet. Dieses Bild ist nichts anders als der Ort, wo die Stralen OM, OC, ON des Gegenstandes, nachdem sie das Glas durchschnitten, sich durch die Brechung vereinigen, und in der Folge ihren Weg auf eben die Art fortsetzen, als wenn sie von dem Punkt o kämen, ob sie gleich ihren Ursprung in O haben, und keinesweges in o.

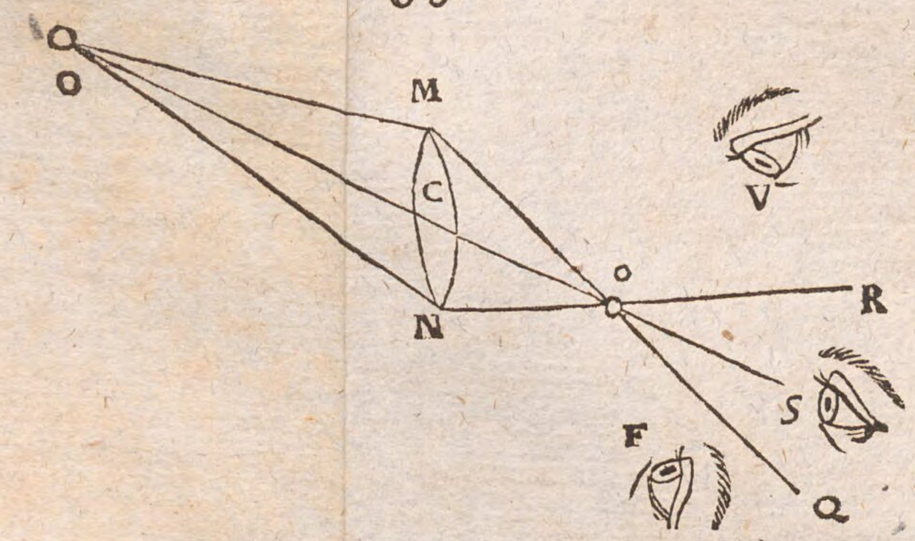
4) Diesen Umstand macht das Bild o nur denen Augen sichtbar, die sich irgendwo zwischen dem Winkel R o Q, als in S befinden, wo das Auge die Stralen, die demselben aus dem Punkte o entgegen kommen, gewiß empfangen wird; aber ein Auge, das sich außer diesem Winkel, als in F oder in V befindet, wird nicht das Geringste davon sehen, weil kein einziger von den in o vereinigten Stralen dahin kömmt. Das Bild in o ist also von einem wirklichen Gegenstande sehr wesentlich unterschieden: es ist nur an gewissen Orten sichtbar, und gleicht darinn demjenigen, was man von den Gespenstern erzählt.

5) Man stelle aber in o eine weisse Tafel, und mache, daß ihre Oberfläche in diesem Punkt o wirklich in eine Erschütterung gesetzt werde, welche derjenigen gleicht, die dem Object O eigen ist, alsdann bringt diese Stelle o der Oberfläche selbst Stralen hervor, die sie überall sichtbar machen. Dieß ist also der Unterschied zwischen dem Bilde eines Objects und der Vorstellung desselben, die in einer Camera obscura hervorgebracht wird: das Bild ist nur an gewissen Orten sichtbar, an den Orten nämlich, wo die Stralen, die ursprünglich von dem Objecte kommen, durchgehen;

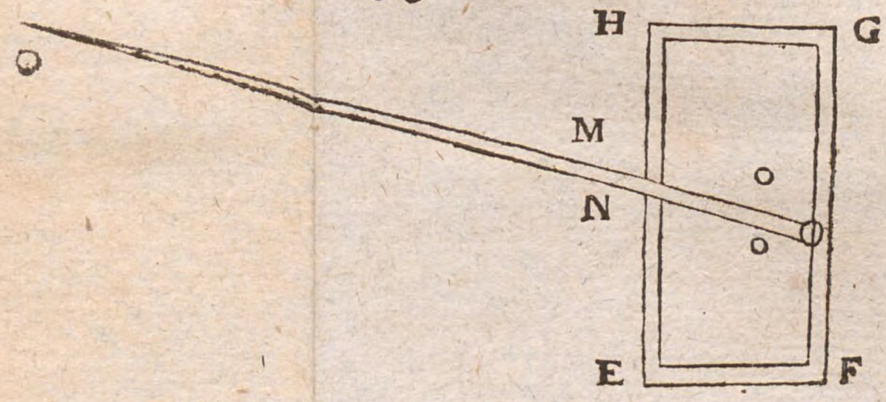
da

Dritter Theil. Hundert und fünf und neunzigster Brief. Seite 194.

Figur 1.



Figur 2.



da hingegen das Gemälde, oder die auf der weissen Tafel abgebildete Vorstellung, durch seine eigenen Stralen sichtbar wird, die durch das Zittern der Theilchen seiner Oberfläche erregt werden, und folglich überall in der Camera obscura gesehen werden kann.

6) Man sieht auch, daß es unumgänglich nothwendig ist, daß man die Tafel genau an den Ort stelle, wo das Bild durch das Glas hervorgebracht wird; damit jeder Punkt der Tafel keine andere Stralen empfange, als die von einem einzigen Punkte des Objects kommen: denn wenn andere Stralen auf einen solchen Punkt fielen, so würden sie die Wirkung der erstern stören, oder wenigstens die Vorstellung undeutlich machen.

7) Wenn man das Glas gänzlich wegnähme, daß die Stralen einen freyen Eingang in die Camera obscura fänden, so würde die weisse Tafel, wie gewöhnlich, erhellet werden, ohne daß man auf derselben das geringste von einem Gemälde sähe; auf jeden Punkt der Tafel würden Stralen von verschiedenen Objecten fallen, und würden daselbst kein bestimmtes Bild hervorbringen. Das Gemälde, welches man in einer Camera obscura auf einer weissen Oberfläche sieht, ist also die Wirkung des in dem Fensterladen befestigten convexen Glases; dieß Glas vereinigt von neuem in einem einzigen Punkte alle die Stralen, die von einem Punkte des Objects kommen.

8) Man bemerkt indessen hier eine ganz besondere Erscheinung, wenn das in dem Fensterladen der Camera obscura gemachte Loch sehr klein ist; wenn sich alsdenn gleich in demselben kein Glas befindet, so wird man dennoch an der gegenüberstehenden Wand die Bilder der auswärtigen Objecte selbst mit ihren natürlichen Farben gewahr: aber diese Vorstellung ist sehr schwach und undeutlich, und indem man das Loch erweitert, verschwindet das ganze Schauspiel. Ich sehe mich verbunden, die Ursache dieser Erscheinung zu erklären.

In der Figur 2. zu S. 194. ist M N die kleine Oeffnung, durch welche die Stralen der äußern Objecte in die Camera obscura E F G H kommen. Die Mauer F H dem Loche gegenüber ist weiß, um desto besser die Eindrücke von Stralen aller Art anzunehmen.

Der Punkt O bedeute ein Object, von dem nur die Stralen O M, O N, und diejenigen, die sich zwischen ihnen befinden, in das Zimmer kommen können. Alsdenn werden diese Stralen auf den kleinen Raum o o der Wand fallen und ihn erleuchten; dieser Raum o o wird desto kleiner seyn, oder sich desto mehr einem Punkte nähern, je kleiner das Loch M N seyn wird: wenn also dieses Loch äußerst klein wäre, so würden wir die vorhergehende Wirkung haben, wo jeder Punkt der weissen Tafel nur die Stralen von einem einzigen Punkt des Objects empfängt; es würde sich folglich daselbst eine Abbildung zeigen, die derjenigen gliche, welche ein convexes in dem Loche des Fensterladens gestelltes Glas hervorbringen würde. Da aber in dem gegenwärtigen Falle das Loch doch immer eine gewisse Größe hat, sie mag so klein seyn als sie immer wolle, so wird jeder Punkt O des Objects einen gewissen kleinen Raum o o an der Mauer erhellen, und durch seine Stralen erschüttern. Es ist fast eben so, als wenn ein Maler, anstatt Punkte auf dem Gemälde zu machen, mit einem großen Pinsel Flecken von einer gewissen Größe auf demselben machen wollte, dabey aber doch die Zeichnung und das Colorit beobachtete: einer solchen Kleckerey würde unsere Abbildung an der Mauer gleichen; unterdessen wird sie doch immer sauberer werden, je kleiner das Loch wird, durch welches die Stralen hereinfallen.

den 5ten Jänner 1762.

Hundert und sechs und neunzigster Brief.

Die Camera obscura hat eigentlich nur bey sehr entfernten Gegenständen ihre Wirkung, aber Ew. Hoheit werden leicht einsehen, daß ihr Gebrauch gleichmäßig auf nähere Objecte sich erstrecke; alsdann muß man die weisse Tafel weiter vom Glase entfernen, und zwar nach der allgemeinen Regel, daß je näher man das Object dem converen Glase bringt, desto weiter das Bild, wo die weisse Tafel hingestellt werden muß, sich entfernet: auf den Fall aber, wenn das Zimmer nicht groß genug ist, darf man sich nur eines andern Glases bedienen, dessen Brennweite kürzer ist.

Man könnte also außerhalb dem Zimmer vor dem Loche, wo sich das convexe Glas befindet, ein Object oder nur ein Gemälde hinstellen, so würde man eine Abbildung davon in der Camera obscura an der weissen Tafel entdecken, größer oder kleiner als das Original, je nachdem der Abstand des Bildes größer oder kleiner seyn würde. Es wäre zwar ohne Zweifel weit bequemer, wenn dieses Object in der Camera obscura selbst aufgestellt und behandelt werden könnte, wie man es für gut fände: aber es findet sich hier eine große Schwierigkeit, welche man heben muß; und diese besteht darinn, daß auf solche Art das Object selbst dunkel und folglich ungeschickt werden würde, den gewünschten Erfolg hervorzubringen.

Es kommt also darauf an, daß man ein Mittel finde, das in der Camera obscura befindliche Object so sehr als möglich zu erhellen, ohne daß das Licht in die Camera dringe. Ich habe ein solches Mittel gefunden, und Ew. Hoheit werden sich erinnern, daß ich es bey einer Maschine dieser Art, die ich vor sechs Jahren Denselben zu überreichen die Ehre hatte, ausgeführt habe: und jetzt werden Ew. Hoheit die Bauart und die Grundsätze, worauf sie sich gründet, sehr leicht einsehen.

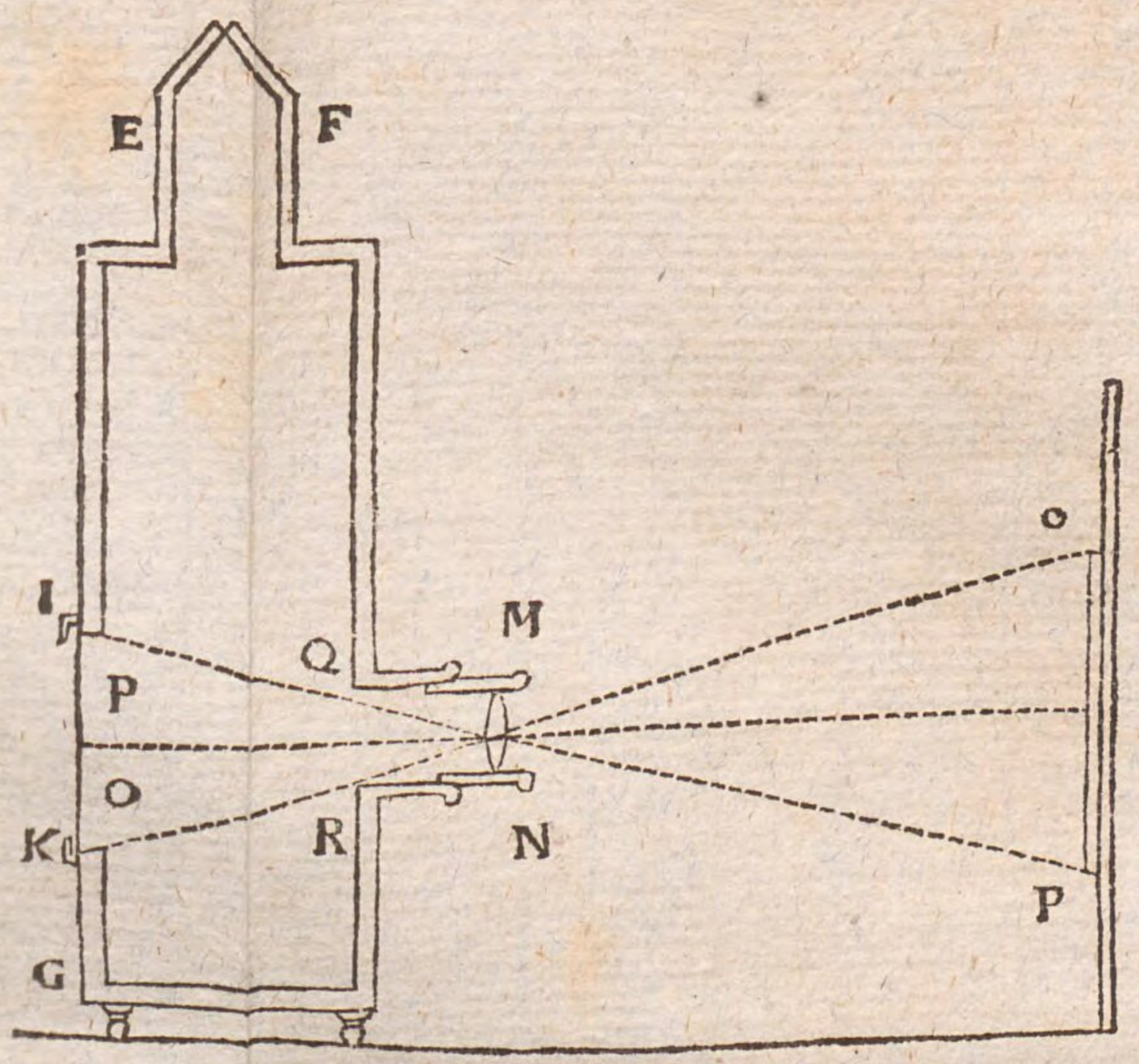
Diese Maschine besteht in einem von allen Seiten fest zugemachten Kasten, der ungefähr der Figur gleicht, welche diesem Briefe beygefügt ist, und dessen hinterste Seite EG eine Oeffnung IK hat, wo man die Objecte, Bildnisse und andere Gemälde, welche man vorstellen will, vorschieben kann; an der gegenüberstehenden Seite befindet sich eine Röhre M N Q R, die ein converes Glas M N in sich hält; diese Röhre ist beweglich, um das Glas nach Gefallen dem Objecte nähern zu können, oder es davon zu entfernen. Wenn alsdenn das Object O P gehörig erhellet ist, so wird das Glas das Bild o p davon irgendwohin werfen; und wenn man eine weisse Tafel dahin stellt, so wird man daselbst eine vollkommene Abbildung des Objects sehen, die um so viel heller seyn wird, je mehr das Object selbst erleuchtet ist.

Zu dem Ende habe ich in diesem Kasten zwey Flügel an den Seiten angebracht, um einige Lampen mit dickem Tocht dahin zu stellen, und noch überdem jeden Flügel mit einem Spiegel versehen, der das Licht der Lampen auf die Objecte O P zurückwirft. Endlich ist oben E F ein Schorstein, wo der Dampf der Lampen seinen Ausgang hat. Dieß ist die Zusammensetzung dieser Maschine, in welcher das Object O P außerordentlich stark erleuchtet werden kann, ohne daß die Dunkelheit des Zimmers verringert wird. In Ansehung des Gebrauchs dieser Maschine muß man sich folgende Artikel merken:

1) Wenn man das Rohr M N Q R hineinschiebt, oder wenn man das Glas M N dem Objecte O P nähert, so wird das Bild o p sich entfernen, und dann muß man die weisse Tafel zurücksetzen, damit sie daselbst das Bild auffangen könne; in diesem Falle wird das Bild auch viel größer werden, und man kann das Bild so sehr vergrössern, als man nur will, indem man das Glas M N dem Object O P immer mehr nähert.

2) Wenn

Dritter Theil. Hundert und sechs und neun=
zigster Brief. Seite 198.



2) Wenn man das Glas durch Verlängerung des Rohres M N Q K von dem Object entfernet, so wird der Abstand des Bildes kleiner, und man muß die weisse Tafel dem Glase nähern, wenn man die Vorstellung rein und wohl ausgedruckt haben will; aber sie wird in diesem Falle viel kleiner.

3) Es ist auch bekannt, daß das Bild jederzeit verkehrt erscheint: aber es ist leicht, dieser Unschicklichkeit abzuhelfen, man darf nur das Object O P selbst umkehren, indem man das Oberste nach unten wendet, so wird das Bild an der weissen Tafel aufrecht erscheinen.

4) Noch eine allgemeine Anmerkung ist, daß das Bild an der weissen Tafel immer weniger Licht haben, und zulezt gar dunkel werden wird, je mehr man es vergrößert: da es hingegen, je kleiner man es macht, um desto lichter und glänzender wird. Die Ursache davon ist sehr einleuchtend: die ganze Helligkeit kommt von der Erleuchtung des Objects her; je mehr diese also in einem grossen Raume ausgebreitet ist, desto mehr muß sie geschwächt werden; da sie hingegen, so bald sie in einen engern Raum eingeschränkt wird, desto lebhafter und glänzender wird.

5) Je mehr man also die Vorstellung vergrößern will, desto mehr muß man die Erleuchtung des Objects verstärken, dadurch daß man mehrere Lampen in den Flügeln der Maschine anzündet, oder auch ihre Flamme vergrößert; für kleine Vorstellungen aber ist eine mittelmäßige Erleuchtung hinreichend.

Diese Maschine, wovon ich eben die Beschreibung gemacht habe, heißt eine magische Laterne, zum Unterschied von der gewöhnlichen Camera obscura, deren man sich bedient, sehr weit entfernte Gegenstände vorzustellen: ihre Gestalt hat zweifelsohne den Namen Laterne veranlasset,

und zwar hauptsächlich, weil man Licht darinn einschließt; aber das Beywort magisch kommt daher, weil die ersten Besitzer den gemeinen Mann haben überreden wollen, daß darunter etwas magisches oder eine Zauberey verborgen läge. Unterdessen sind doch die gewöhnlichen magischen Laternen nicht auf diese Art zusammengesetzt; man stellt auch durch dieselben keine andere Gegenstände vor, als auf Glas gemalte Figuren; da hingegen diese Maschine nach der von mir erfundenen Einrichtung zu allerhand Gegenständen gebraucht werden kann.

Man kann sich derselben gar zur Vorstellung der kleinsten Objecte bedienen, um sie auf eine wunderbare Art zu vergrößern, dergestalt, daß die kleinste Fliege so groß wie ein Elephant scheint: alsdenn aber ist die gewöhnliche Helligkeit der Lampen nicht hinreichend; man muß die Maschine so einrichten, daß die Gegenstände durch Sonnenstralen, die man noch überdem durch ein Brennglas verstärkt, erleuchtet werden; und dann ändert die Maschine abermals ihren Namen, und wird ein Sonnenmikroskop genennt, wovon ich in der Folge Gelegenheit haben werde, weitläuftiger zu reden.

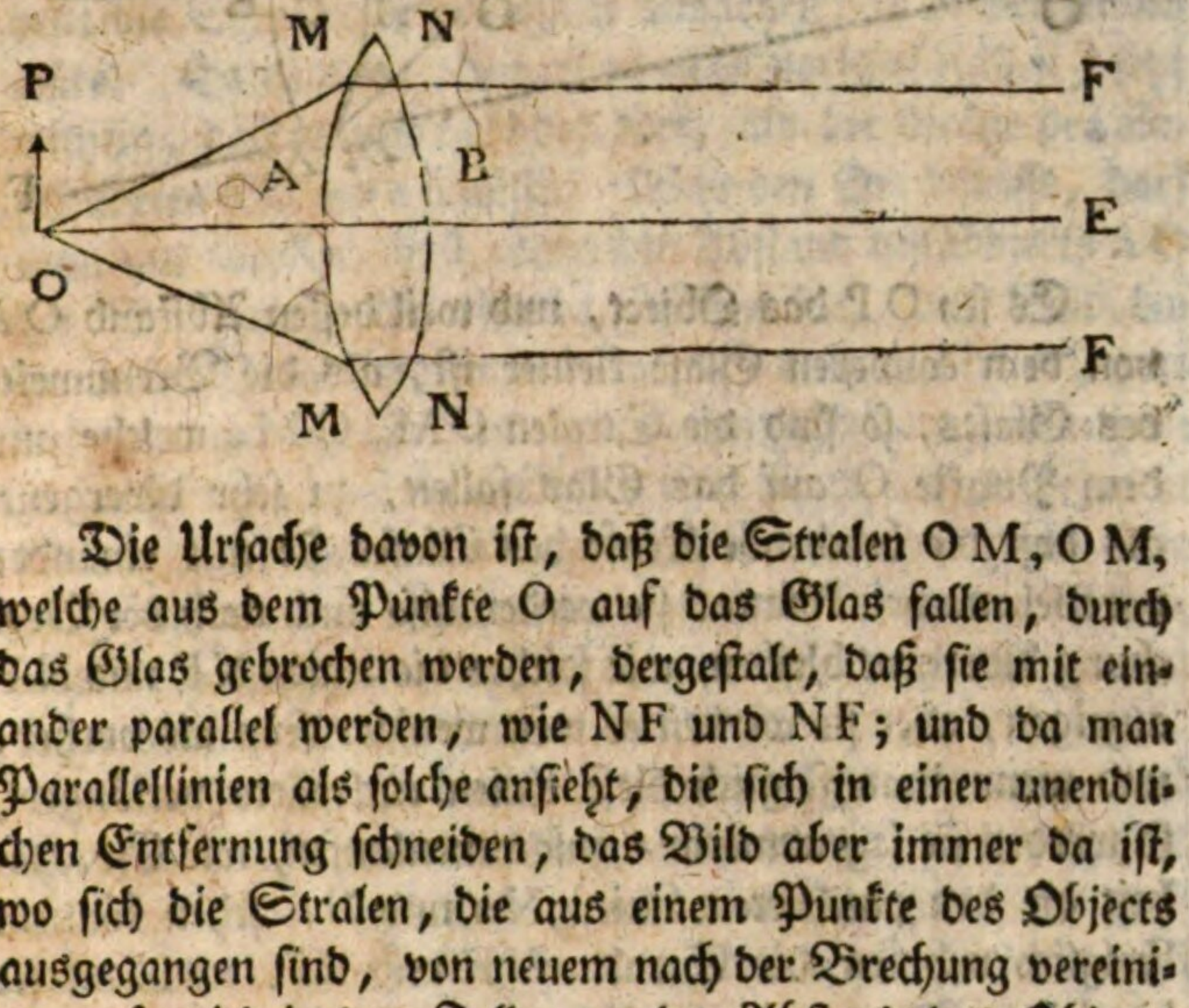
den 9ten Jänner 1762.

Hundert und sieben und neunzigster Brief.

Man bedient sich auch converer Gläser, um unmittelbar dadurch zu sehen; um aber ihren verschiedentlichen Gebrauch zu erklären, müssen wir unsere Untersuchungen über ihre Natur noch weiter fortsetzen.

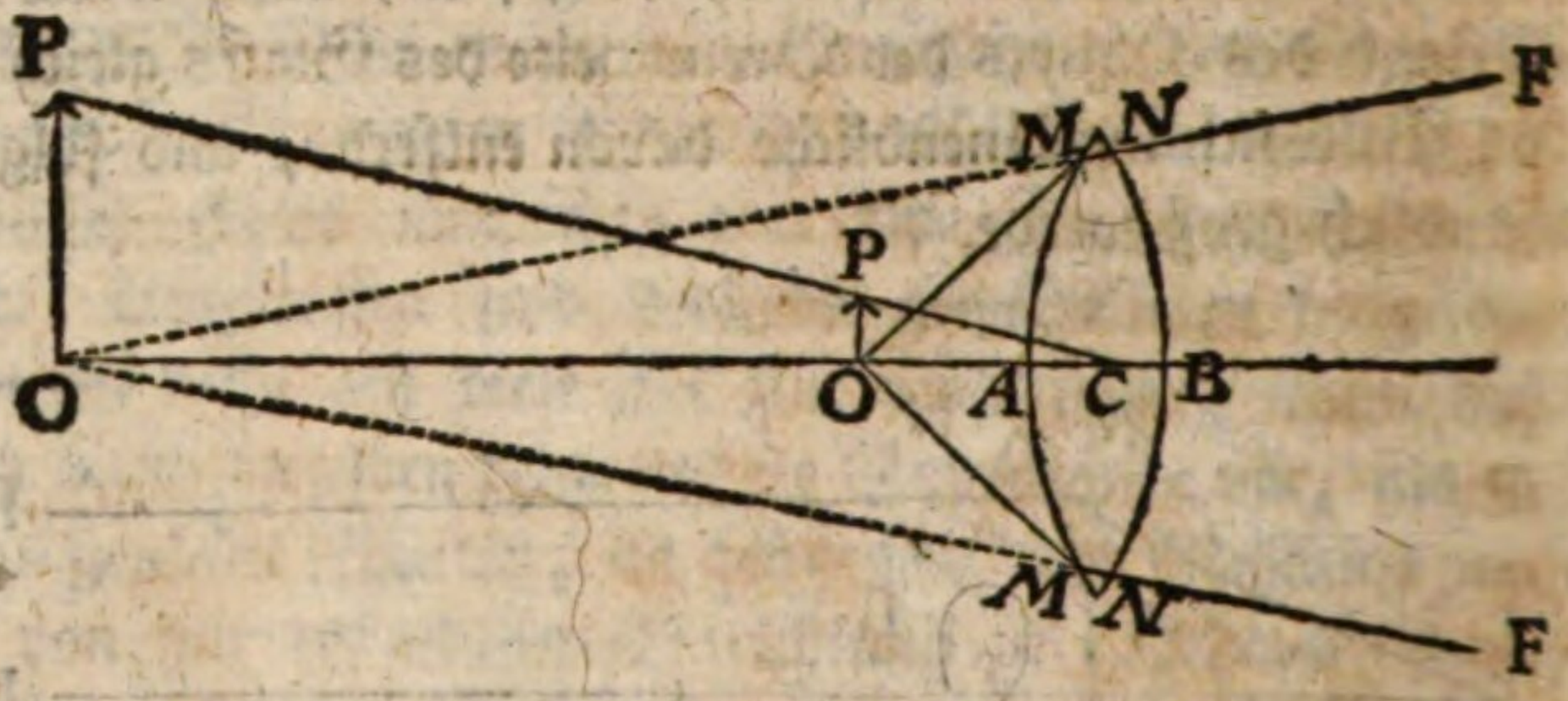
Als ich von dem Brennpunkte eines solchen Glases handelte, habe ich bereits angemerkt, daß, wenn das Object sehr weit von dem Glase entfernt ist, sein Bild in dem Brennpunkt selbst vorgestellt werde; wenn man aber das Object dem Glase nähert, das Bild sich immer weiter

ter und weiter davon entferne, dergestalt, daß, wenn der Abstand des Objects der Brennweite des Glases gleich ist, das Bild sich ins Unendliche davon entferne, und folglich unendlich groß werde.



Die Ursache davon ist, daß die Stralen O M, O M, welche aus dem Punkte O auf das Glas fallen, durch das Glas gebrochen werden, dergestalt, daß sie mit einander parallel werden, wie N F und N F; und da man Parallellinien als solche ansieht, die sich in einer unendlichen Entfernung schneiden, das Bild aber immer da ist, wo sich die Stralen, die aus einem Punkte des Objects ausgegangen sind, von neuem nach der Brechung vereinigen: so wird in dem Falle, wo der Abstand des Objects O A der Brennweite des Glases gleich ist, der Ort des Bildes sich ins Unendliche entfernen; und weil es gleichgültig ist, ob man die Parallellinien N F und N F zur Linken oder zur Rechten ins Unendliche fortlaufend sich gedenket: so kann man eben sowohl sagen, das Bild befinde sich zur Rechten, als man sagen kann, es befinde sich zur Linken; denn in einer unendlichen Entfernung bleibt die Wirkung immer dieselbe.

Dieß wohl angemerkt, werden Ew. Hoheit leicht beurtheilen, wo sich das Bild befinden müsse, wenn man das Object dem Glase nähert.



Es sey O P das Object, und weil dessen Abstand O A von dem convexen Glase kleiner ist, als die Brennweite des Glases, so sind die Stralen O M, O M, welche aus dem Punkte O auf das Glas fallen, zu sehr divergent, als daß die brechende Kraft des Glases sie mit einander parallel machen könnte: sie werden also auch nach der Brechung divergent bleiben, wie solches die Linien N F und N F anzeigen, aber sie werden es weit weniger seyn als vorher; und wenn man folglich diese Linien rückwärts verlängert, so werden sie irgendwo in o zusammenlaufen, wie Ew. Hoheit an den punktirten Linien N o und N o sehen können. Folglich nehmen die Stralen N F und NF, nachdem sie durch das Glas gegangen sind, den nämlichen Weg, als wenn sie aus dem Punkte o kämen, ob sie gleich durch diesen Punkt nicht gegangen sind, weil sie nur erst in dem Glase diesen neuen Weg genommen haben. Ein Auge also, welches diese gebrochene Stralen N F, N F empfängt, wird eben so gerührt werden, als wenn diese Stralen wirklich aus dem Punkte o kämen, und wird sich folglich einbilden, daß der Gegenstand seines Sehens sich in o befinde. Dennoch wird daselbst kein Bild seyn, wie in dem vorhergehenden Falle; man möchte immerhin in o eine weisse Tafel stellen, so wird sich doch nie ein Gemälde daselbst vorstellen, weil keine Stralen dahin kommen: deswegen sagt man auch, es sey in o ein eingebildetes Bild,

das

das ist, ein Bild, das nicht wirklich ist, weil das Wort eingebildet demjenigen, was wirklich ist, entgegengesetzt ist.

Ein Auge, das sich in E befindet, empfängt indessen den nemlichen Eindruck, als wenn das Object OP, von dem die Stralen ursprünglich ausgehen, in o vorhanden wäre. Es ist also, eben wie in den vorigen Fällen, sehr wichtig, daß man sowohl den Ort, als die Größe des eingebildeten Bildes op wisse. Was den Ort betrifft, darf man nur merken, daß, wenn der Abstand des Objects AO der Brennweite des Glases gleich wäre, das Bild dadurch ins Unendliche entfernt würde, und dieß ist es, was der gegenwärtige Fall mit dem vorhergehenden gemein hat; je mehr man aber das Object dem Glase nähert, oder je kleiner der Abstand AO gegen die Brennweite wird, desto mehr nähert sich auch das eingebildete Bild dem Glase, aber doch dergestalt, daß es immer weiter vom Glase entfernt bleibt, als das Object selbst.

Um die Sache durch ein Exempel zu erläutern, wollen wir annehmen, die Brennweite des Glases sey 6 Zoll, und die beygefügte Tabelle soll uns anzeigen, wie groß jedesmal die Entfernung des eingebildeten Bildes op nach Maaßgabe der Entfernung des Objects sey:

Abstand des Objects AO	Abstand des eingebildeten Bildes Ao
6	unendlich.
5	30
4	12
3	6
2	3
1	1 und ein Fünftheil.

Was die Größe dieses eingebildeten Bildes op betrifft, so ist die Regel zu Ausfindung derselben leicht und allge-

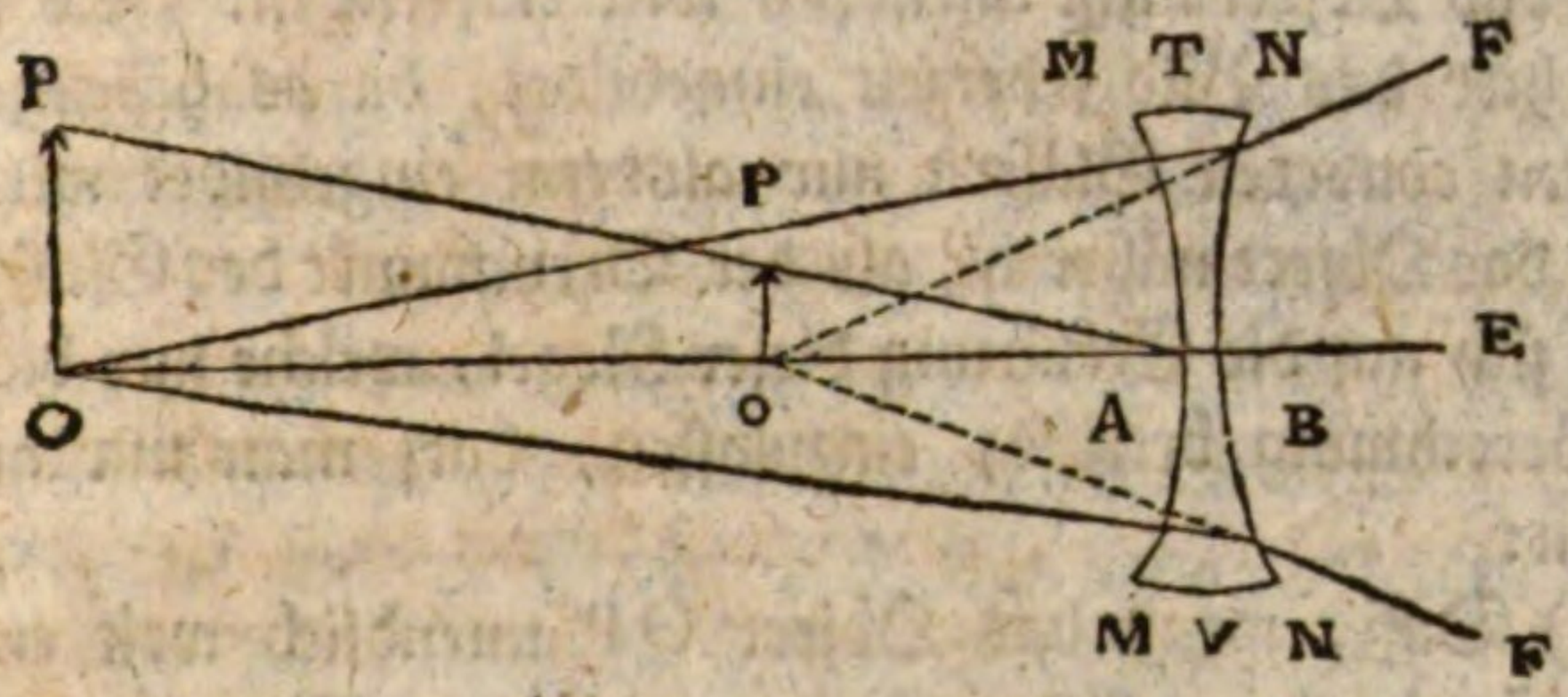
allgemein; man darf nur durch die Mitte des Glases (welche ich mit dem Buchstaben C bemerket habe) und durch das äußerste Ende des Objects P die gerade Linie CI'p ziehen, so wird diese auf der Linie op, welche in o senkrecht auf die Axe des Glases gezogen ist, die Größe des eingebildeten Bildes op abschneiden; woraus man siehet, daß dieses Bild jederzeit größer ist, als das Object OP selbst, und zwar um so vielmal größer, als es weiter vom Glase entfernt ist, als das Object OP. Man sieht auch, daß dieses Bild nicht umgekehrt ist, wie in dem vorhergehenden Falle, sondern daß es aufrecht steht, so wie das Object.

Hieraus können Ew. Hoheit begreifen, welchen Vortheil aus diesen Gläsern Personen ziehen können, die kein gutes Gesicht für Gegenstände in der Nähe haben, die aber desto besser in die Ferne sehen. Diese Personen dürfen nur die Gegenstände durch convexe Gläser betrachten, und sie werden sie sehen, als wenn sie sehr entfernt wären. Der Fehler, daß man nemlich die Gegenstände in der Nähe nicht sehen kann, findet sich gewöhnlicher Weise bey den Alten, die sich aus diesem Grunde solcher Brillen bedienen, die aus zwey convexen Gläsern bestehen, und die, wenn sie der Sonne entgegen gestellt werden, eben so gut brennen als ein Brennglas, woraus man eben die Brennweite jedes dieser Gläser erfahren kann. Einige Personen müssen Brillen von einer kurzen Brennweite haben, andere hingegen von einer längern, jeder nach der Beschaffenheit seines Gesichts; mir ist es aber vorjetzt genug, daß ich den Gebrauch dieser Brillen allgemein beschrieben habe.

den 12ten Jänner 1762.

Hundert und acht und neunzigster Brief.

Ew. Hoheit haben eben gesehen, wie die converen Gläser dem Gesicht der Alten zu Hülfe kommen, indem sie ihnen die Objecte weit entfernter vorstellen, als sie wirklich sind; es giebt aber Augen, welchen die Gegenstände, wenn sie dieselben deutlich sehen sollen, näher gerückt werden müssen, als sie wirklich sind, und diesen Dienst leisten ihnen die concaven Gläser. Dieß führt mich zur Erklärung der Wirkungen dieser Gläser, welche der Wirkung der converen gerade entgegengesetzt sind.



Wenn das Object O P sehr weit entfernt ist, und seine Stralen O M, O M beynahe parallel auf das concave Glas T V fallen, so werden sie, anstatt durch die Brechung des Glases convergent zu werden, vielmehr divergent, indem sie ihren Weg nach den Linien N F, N F verfolgen, die, wenn sie rückwärts verlängert werden, in dem Punkte o zusammenlaufen, dergestalt, daß ein Auge, welches sich z. E. in E befände, diese gebrochenen Stralen auf eben die Art bekömmt, als wenn sie aus dem Punkte o kämen, ob sie gleich wirklich aus dem Punkt O kommen; und aus diesem Grunde habe ich in der Figur die geraden Linien N o, N o punktirt.

Da hier angenommen ist, das Object sey unendlich entfernt, so würde, wenn das Glas conver wäre, der Punkt o das seyn, was man den Brennpunkt nennt; weil

aber

aber hier keine wirkliche Vereinigung von Stralen ist, so nennt man diesen Punkt den eingebildeten Brennpunkt des concaven Glases; einige Schriftsteller nennen ihn auch den Zerstreuungspunkt, weil die durch das Glas gebrochenen Stralen aus diesem Punkt zerstreut zu werden scheinen.

Die concaven Gläser haben also keinen wahren Brennpunkt wie die convexen, sondern nur einen eingebildeten, dessen Abstand von dem Glase A o unterdessen doch auch die Brennweite des Glases genennet, und gebraucht wird, mittelst einer Regel, die derjenigen, die für die convexen Gläser gilt, ähnlich ist, den Ort des Bildes zu bestimmen, wenn das Object nicht unendlich weit entfernt ist. Es ist aber hier das Bild jederzeit eingebildet, da es hingegen bey den convexen Gläsern nur alsdenn eingebildet wird, wenn das Object näher ist, als der Brennpunkt des Glases. Ohne sich auf die Erklärung dieser Regel, welche nur bloß die Berechnung betrifft, einzulassen, darf man nur anmerken:

1) Daß, wenn das Object O l' unendlich weit entfernt ist, das eingebildete Bild o p in dem Brennpunkte des concaven Glases vorgestellet werde, und zwar von eben der Seite, wo sich das Object befindet. Ob indessen gleich dieses Bild nur eingebildet ist, so wird das Auge, welches sich in E befindet, doch auf eben die Art davon gerührt, als wenn es wirklich wäre; wie ich schon die Ehre gehabt habe, Ew. Hoheit zu sagen, als von dem Falle die Rede war, da bey den convexen Gläsern das Object dem Glase näher ist, als dessen Brennpunkt.

2) Wenn man das Objekt O P dem Glase nähert, so wird das Bild o p sich auch demselben nähern, aber so, daß das Bild immer dem Glase näher bleibt als das Object, anstatt daß bey den convexen Gläsern das Bild immer weiter entfernt ist als das Object. Um dieß deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, die Brennweite des concaven Glases sey 6 Zoll; so wird,

wenn

wenn der Abstand des Objects O A ist	der Abstand des Bildes o A seyn
unendlich	6
30	5
12	4
6	3
3	2
2	$1\frac{1}{2}$

3) Was die Größe des eingebildeten Bildes o p betrifft, so bestimmt man sie jederzeit nach einer und derselben Regel. Man zieht aus der Mitte des Glases eine gerade Linie bis zu dem äußersten Ende des Objects P; diese wird alsdenn auch durch das äußerste Ende des Bildes p gehen. Denn weil die Linie P A einen Stral vorstellt, der von dem äußersten Ende des Objects kommt, so muß dieser nemliche Stral nach der Brechung nothwendig das äußerste Ende des Bildes berühren; weil aber dieser Stral P A durch die Mitte des Glases gehet, so leidet er keine Brechung: er muß also selbst durch das äußerste Ende des Bildes gehen, welches sich in p befindet.

4) Dieses Bild ist nicht verkehrt, sondern in der natürlichen Stellung, wie das Object; und man kann die allgemeine Regel merken, daß das Bild, so oft es auf eben der Seite des Glases mit dem Objecte lieget, jederzeit aufrecht erscheint, das Glas mag conver oder concav seyn; wenn aber das Bild auf die andere Seite des Glases fällt, alsdenn erscheint es verkehrt; dieser Fall kann aber nur bey den converen Gläsern statt finden.

5) Hieraus erhellet, daß die Bilder, welche durch concave Gläser gemacht werden, immer kleiner sind als die Objecte: die Ursache davon ist klar, weil die Bilder näher sind als die Objecte; man darf nur die Figur betrachten, um sich von dieser Wahrheit zu versichern.

Dieß

Dieß sind die Haupteigenschaften, die man sich von der Natur der concaven Gläser und von der Art, wie sie die Objecte vorstellen, zu merken hat.

Nunmehr ist es leicht zu begreifen, wie die concaven Gläser denjenigen, die ein kurzes Gesicht haben, große Dienste leisten. Ew. Hoheit kennen viele Personen, die nicht lesen oder schreiben können, ohne daß sie das Papier beynahe mit der Nase berühren. Damit nun diese Leute deutlich sehen, so ist es nothwendig, daß sie die Objecte ihren Augen nähern; und ich glaube schon bemerkt zu haben, daß man sie Myopen nennt: diesen Leuten werden also die concaven Gläser von großem Nutzen seyn; denn sie stellen ihnen die entferntesten Gegenstände ganz nahe vor, weil die Bilder von diesen Gläsern nicht weiter entfernt sind, als so viel ihre Brennweite ausmacht, die mehrentheils nicht einige Zoll überschreitet.

Es ist zwar wahr, daß diese Bilder auch viel kleiner sind, als die Objecte selbst; aber dieses hindert zum deutlichen Sehen nicht. Ein kleines Ding in der Nähe kann uns weit größer scheinen, als ein sehr großer Körper, wenn er sehr weit entfernt ist. Ein kleines Zweydreyerstück*) wird Ew. Hoheit in der That größer scheinen, als der größte Stern des Himmels, wenn dieser Stern gleich die Erde an Größe weit überträfe.

Diejenigen also, welche ein kurzes Gesicht haben, oder die Myopen, bedürfen solcher Gläser, die ihnen die Objecte näher vorstellen; und dieß sind die concaven Gläser. Diejenigen aber, die nur in die Ferne sehen, welche man Presbyten nennt, müssen convexe Gläser haben, die ihnen die Gegenstände in einer weitern Entfernung vorstellen.

den 16ten Jänner 1762.

Hundert

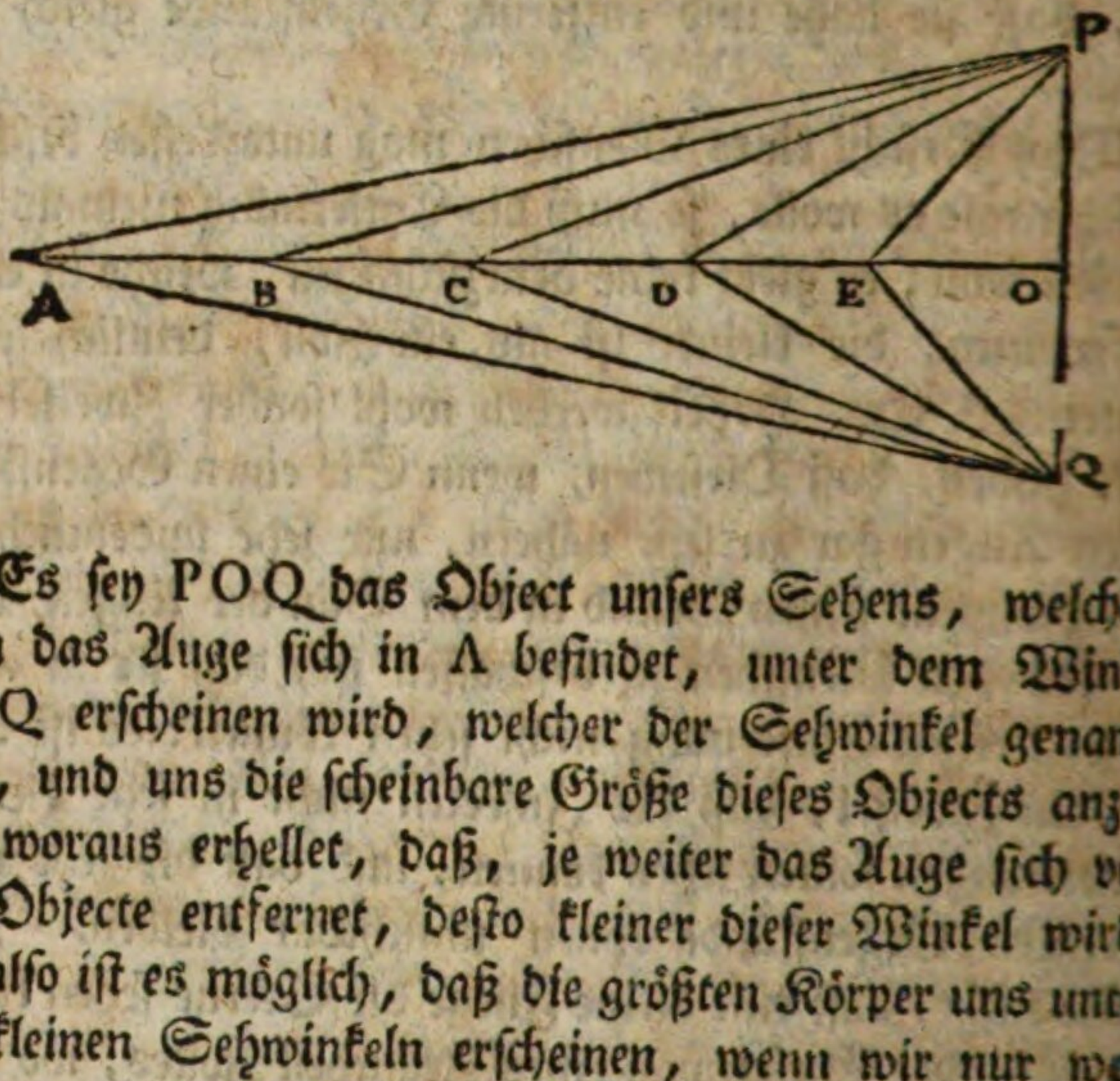
*) Eine kleine Silbermünze, die den 48sten Theil eines Thalers ausmacht, und ein wenig größer als der Augapfel ist.

Hundert und neun und neunzigster Brief.

Ich habe die Ehre gehabt, mit Ew. Hoheit von den Kurzsichtigen zu reden, welche genöthigt sind, sich concaver Gläser zu bedienen, um die entfernten Gegenstände deutlich zu sehen, da hingegen die Weitsichtigen sich convexer Gläser bedienen, um die nahen Gegenstände gut zu sehen. Jedes Gesicht hat eine gewisse Sehweite; jeder wünscht ein Glas zu haben, das ihm die Gegenstände vollkommen vorstellt. Bey den Kurzsichtigen ist diese Entfernung sehr klein, und bey den Weitsichtigen sehr groß; man findet aber auch Augen von so guter Beschaffenheit, daß sie nahe und entfernte Gegenstände gleich gut sehen.

Das Gesicht eines Menschen mag unterdessen beschaffen seyn wie es wolle, so muß die Entfernung niemals gar zu klein seyn; es giebt keine Kurzsichtigen, welche in einer Entfernung, die kleiner ist als ein Zoll, deutlich sehen könnten. Ew. Hoheit werden wohl sonder Zweifel bemerkt haben, daß Dieselben, wenn Sie einen Gegenstand Ihren Augen gar zu sehr nähern, nur sehr undeutlich sehen; dieß hat seinen Grund in dem Bau der Augen, welcher bey den Menschen so beschaffen ist, daß sie in einer gar zu kleinen Entfernung nicht sehen können: es ist aber gar kein Zweifel, daß die Insecten nicht in sehr kleinen Entfernungen sollten sehen können, und daß die sehr weit entfernten Gegenstände ihnen unsichtbar bleiben. Ich glaube nicht, daß eine kleine Fliege die Sterne sehen kann, weil sie in der Entfernung eines Zehntheil Zolles, wo wir nicht das geringste sehen, sehr gut siehet. Diese Betrachtung führt mich zur Erklärung der Mikroskope, welche uns die allerkleinsten Gegenstände so vorstellen, als wenn sie sehr groß wären. Um von denselben einen richtigen Begriff zu erhalten, muß man die scheinbare Größe eines jeden Objects von der wirklichen wohl unterscheiden;

diese macht den Gegenstand der Geometrie aus, und ist unwandelbar, so lange der Körper in seinem Zustande bleibt. Aber die scheinbare Größe kann sich ins Unendliche verändern, ob der Körper gleich immer derselbe bleibt. So scheinen uns die Sterne äußerst klein, obgleich ihre wahre Größe erstaunenswürdig ist. Die Ursache ist, weil wir von ihnen so sehr weit entfernt sind. Wenn es uns verstattet wäre, uns ihnen zu nähern, so würden sie uns viel größer scheinen, woraus Ew. Hoheit leicht urtheilen werden, daß die scheinbare Größe von dem Winkel abhängt, den die von den äußersten Enden des Objects in unser Auge fallenden Stralen mit einander machen.



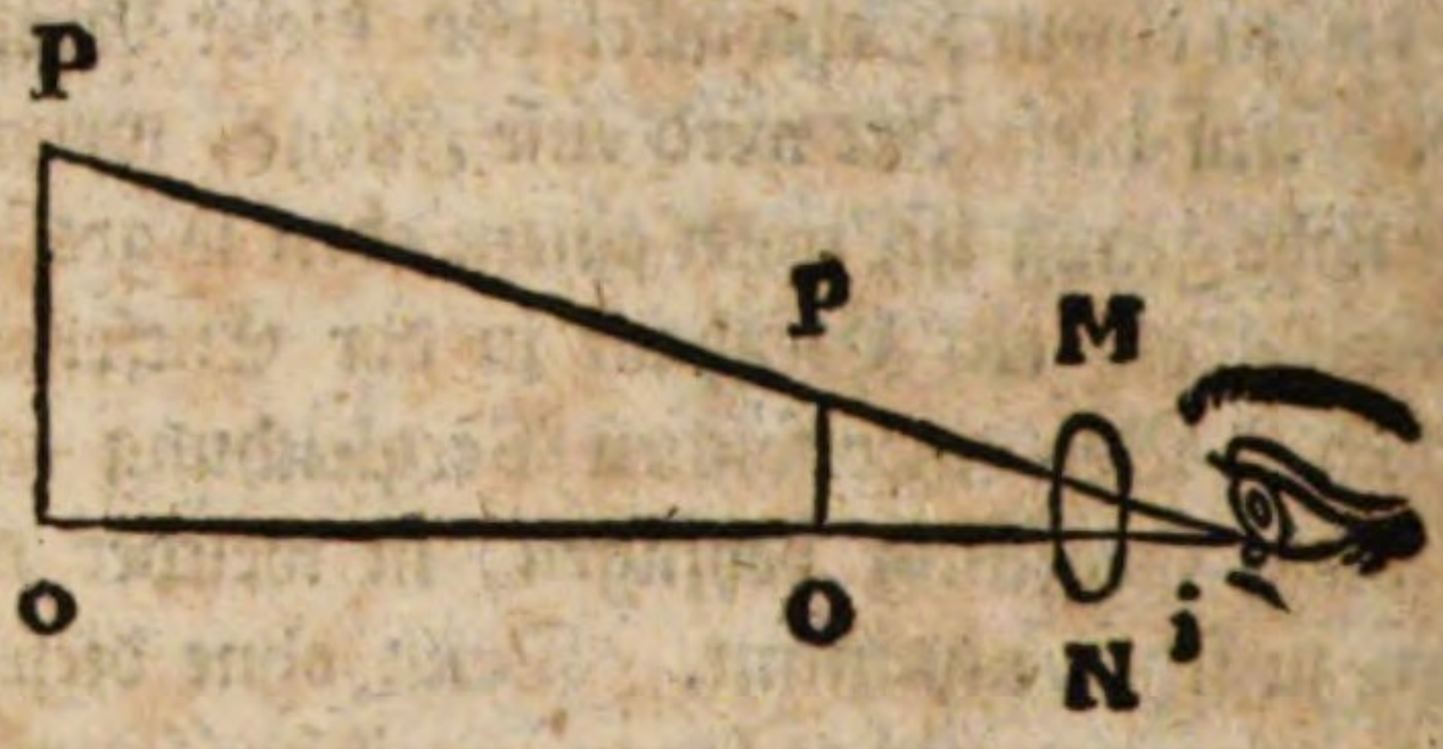
Es sey POQ das Object unsers Sehens, welches, wenn das Auge sich in A befindet, unter dem Winkel PAQ erscheinen wird, welcher der Sehwinkel genannt wird, und uns die scheinbare Größe dieses Objects anzeiget; woraus erhellet, daß, je weiter das Auge sich von dem Objecte entfernet, desto kleiner dieser Winkel wird; und also ist es möglich, daß die größten Körper uns unter sehr kleinen Sehwinkeln erscheinen, wenn wir nur weit genug von ihnen entfernt sind, wie es bey den Sternen der Fall ist. Wenn sich aber das Auge dem Object nähert, und dasselbe aus B betrachtet, so wird es ihm unter dem Sehwinkel PBQ erscheinen, der augenscheinlich grösser ist, als PAQ. Wir wollen das Auge bis in C nähern, und der Sehwinkel PCQ wird noch größer seyn.

Wenn

Wenn man ferner das Auge in D stellet, so wird der Sehwinkel PDQ seyn, und wenn man es bis in E nähert, so ist der Sehwinkel PEQ immer größer. Je mehr man also das Auge dem Objecte nähert, desto grösser wird der Sehwinkel, und desto größer folglich die scheinbare Größe. So klein also das Object seyn mag, so ist es doch möglich, dessen scheinbare Größe so viel zu vermehren als man nur will: man darf es nur in die Nähe bringen, die zu einem Sehwinkel von dieser Größe erfordert wird. Auf diese Art wird eine Fliege, wenn sie nur dem Auge nahe genug ist, unter einem eben so großen Winkel erscheinen, als ein Elephant in der Entfernung von zehen Schuh. Bey einer solchen Vergleichung muß man die Entfernung sorgfältig beyfügen, in welcher man den Elephanten zu sehen annimmt. Denn ohne diese Bedingung würde man gar nichts sagen, weil ein Elephant uns nur dann groß scheint, wenn wir nicht weit von ihm entfernt sind. Schon in der Entfernung einer Meile kann man vielleicht einen Elephanten nicht mehr von einem Schweine unterscheiden, und wenn er in den Mond versetzt würde, so würde er wegen der Kleinheit seiner scheinbaren Größe ganz und gar unsichtbar werden; und in diesem Betracht könnte ich wohl sagen, daß eine Fliege mir größer schiene, als ein Elephant, wenn er sich in einer gar zu großen Entfernung befände. Wenn man also bestimmt reden will, so kann man nicht von der scheinbaren Größe eines Körpers reden, ohne auf seine Entfernung Rücksicht zu nehmen, weil uns der nemliche Körper bald sehr groß und bald sehr klein scheinen kann; nachdem seine Entfernung größer oder kleiner ist. Es scheint also sehr leicht, die kleinsten Gegenstände unter großen Sehwinkeln zu sehen, man darf sie nur in einer sehr kleinen Entfernung vom Auge halten.

Eine Fliege könnte sich zwar dieses Mittels bedienen, aber Menschenaugen, sie mögen auch noch so kurzsichtig

seyn, können in gar zu kleinen Entfernungen nichts sehen, sonst könnte ein gutes Gesicht auch die kleinsten Gegenstände in einer außerordentlichen Größe sehen. Es kommt darauf an, ein Mittel zu finden, wodurch wir ein Object deutlich sehen können, ob es gleich unserm Auge sehr nahe liegt. Dazu dienen die convexen Gläser, weil sie die Bilder der allzunahe liegenden Objecte entfernen.



Man bedient sich eines sehr kleinen convexen Glases MN, dessen Brennweite sehr klein sey, z. E. einen halben Zoll; wenn man vor dieses Glas ein kleines Object OP in einer etwas kleinern Entfernung als von einem halben Zolle stehet, so wird das Glas dessen Bild irgendwo in op vorstellen, so weit entfernt, als man es haben will. Man halte also das Auge hinter dem Glase, so wird es den Gegenstand auf eben die Art sehen, als wenn er wirklich in O, also in einer hinlänglichen Entfernung sich befände, und seine Größe op wäre. Da man annimmt, daß das Auge dem Glase sehr nahe sey, so wird der Sehwinkel pio seyn, das ist ein Winkel, der dem Winkel PiO völlig gleich ist, unter welchem das bloße Auge das Object OP in dieser Nähe sehen würde; aber die Erscheinung wird jetzt durch das Glas deutlich; und dieß ist der Grund, worauf die Wirkung der Mikroskope beruhet.

den 19ten Jänner 1762.

Zwey-

Zweyhundertster Brief.

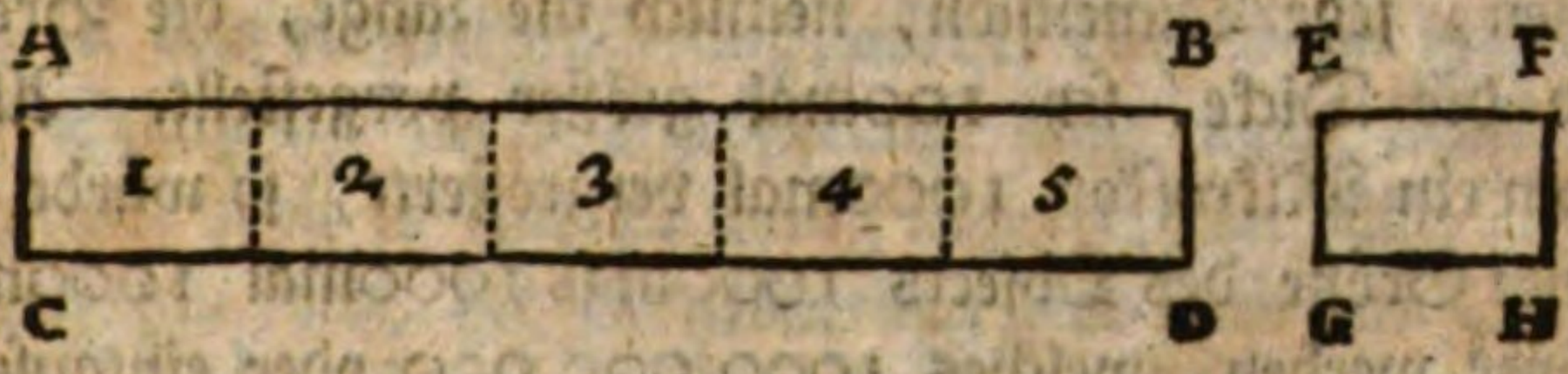
Wenn verschiedene Personen das nemliche Object durch ein Mikroskop betrachten, z. E. den Fuß einer Fliege, so werden alle übereinstimmen, daß sie es sehr groß sehen, aber ihre Urtheile über die wahre Größe werden sehr verschieden seyn; der eine wird sagen: dieser Fuß scheine ihm so groß wie ein Pferdefuß; ein anderer wird behaupten, er gleiche an Größe nur dem von einer Ziege; und der dritte wird vielleicht gar sagen, daß er nicht gröſser sey als ein Katzenfuß. Im Grunde wird aber keiner unter ihnen etwas bestimmtes behaupten, wenn er nicht hinzufügt, in welcher Entfernung er den Pferde- den Ziegen- oder den Katzenfuß gesehen haben will; jeder unter ihnen nimmt also, ohne es zu sagen, eine gewisse Entfernung an; und da diese zweifelsohne verschieden ist, so hat man nicht Ursache, über ihre verschiedene Urtheile sich zu wundern, weil ein Pferdefuß, aus der Ferne gesehen, oft wohl nicht größer scheinen mag als ein Katzenfuß in der Nähe. Wenn es also darauf ankommt, zu sagen, wie vielmal ein Mikroskop die Objecte vergrößere, so muß man sich an eine bestimmtere Art zu reden gewöhnen, und hauptsächlich bey der Vergleichung, die man zu machen Willens ist, die Entfernung des Objects genau anzeigen.

Es ist also nicht schicklich, die Vorstellungen, welche wir durch die Mikroskope erhalten, mit Gegenständen anderer Art, die wir bald in der Nähe, bald in der Ferne zu sehen gewohnt sind, zu vergleichen; das sicherste Mittel, diese Schätzung anzustellen, scheint mir dasjenige zu seyn, dessen sich die Schriftsteller, die von den Mikroskopen schreiben, gegenwärtig bedienen. Sie vergleichen den Sehwinkel, unter welchem ein kleines Object durch das Mikroskop gesehen wird, mit demjenigen, unter welchem das nemliche Object dem bloßen Auge erscheinen würde,

wenn es in einer gewissen Weite von ihm entfernt ist; und sie sind der Meynung, daß man, um ein solches kleines Object mit bloßem Auge wohl zu betrachten, es in der Entfernung von acht Zoll stellen müsse. Hierinn richten sie sich nach guten Augen; denn ein Kurzsichtiger würde sich ein gutes Theil mehr nähern, und ein Weitsichtiger würde das Gegentheil thun. Allein dieser Unterschied hat auf das Verfahren selbst keinen Einfluß, wofern man nur die Entfernung, nach welcher man sich richtet, festsetzt; und es giebt keinen Grund, der uns nöthigte, eine andere festzusetzen, als die von acht Zoll, die alle Schriftsteller, die diese Materie abgehandelt haben, annehmen. Also, wenn man sagt, ein Mikroskop vergrößere hundertmal, so werden Ew. Hoheit dieses so verstehen, daß durch Hülfe dieses Mikroskops die Objecte hundertmal größer erscheinen, als wenn wir sie in der Entfernung von acht Zoll betrachteten; und solchergestalt werden Dieselben sich einen richtigen Begriff von der Wirkung eines Mikroskops machen.

Ueberhaupt vergrößert ein Mikroskop so vielmal, als ein Object dadurch größer scheint, als es scheinen würde, wenn man es ohne den Beystand des Glases in der Entfernung von acht Zoll betrachtete. Ew. Hoheit werden leicht zugeben, daß dieses schon eine erstaunliche Wirkung ist, wenn man ein Object hundertmal größer sieht, als es in der Weite von acht Zoll scheint: allein, man hat die Sache viel weiter getrieben, und man hat Mikroskope, die bis auf fünfhundertmal vergrößern, welches unbegreiflich viel ist; man könnte alsdenn wohl sagen, das Bein einer Fliege scheine größer als das von einem Elephanten. Ja', ich glaube sogar, man könnte wohl Mikroskope machen, die tausend- ja wohl zweytausendmal vergrößern würden, wodurch wir ohne Zweifel eine Menge Dinge entdecken würden, die uns annoch unbekannt sind.

Aber wenn man sagt, ein Object scheine durch das Mikroskop hundertmal größer, als es, in der Weite von acht Zoll gesehen, scheint, so muß man hierunter verstehen, daß das Object sowohl nach seiner Länge, als nach seiner Breite und Dicke vergrößert sey, so daß jede von diesen Ausdehnungen hundertmal größer scheint. Man darf sich also nur auf die Weite von acht Zoll ein anderes dem ersten ähnliches Object vorstellen, dessen Länge aber, so wie die Breite und die Dicke, hundertmal größer sey, so wird dieß das Bild seyn, das man durch das Mikroskop sieht. Wenn aber sowohl die Länge als die Breite und Dicke eines Objects hundertmal größer sind, als eines andern seine, so werden Ew. Hoheit leicht begreifen, daß die ganze Ausdehnung um weit mehr als hundertmal grösser seyn wird. Um dieses vollkommen deutlich zu machen, wollen wir uns zwey Parallelogramme, ABCD und EFGH vorstellen, die die gleiche Breite haben;



die Länge aber des ersten AB sey fünfmal größer als die Länge des andern EF, so ist klar, daß die Fläche oder der Inhalt des ersten fünfmal größer ist als der Raum, der in dem andern eingeschlossen ist, weil wirklich dieses fünfmal in dem ersten enthalten ist. Also, damit das Parallelogramm AD fünfmal größer sey, als das Parallelogramm EH, braucht es weiter nichts, als daß seine Länge AB fünfmal größer sey, indeß daß die Breite die nemliche ist; und wenn überdieß die Breite auch fünfmal grösser wäre, so würde es noch fünfmal größer, und also fünfmal fünfmal, das ist, 25mal größer werden. Also von zweyen ähnlichen Oberflächen, deren eine fünfmal länger

und fünfmal breiter ist, als die andere, ist jene wirklich 25mal größer.

Wenn wir noch die Dicke oder die Höhe in Rechnung bringen, so wird die Vermehrung noch größer seyn. Ew. Hoheit stellen sich zwey Zimmer vor, wovon das eine fünfmal länger, fünfmal breiter und auch fünfmal höher sey als das andere: so wird sein Inhalt fünfmal 25mal, das ist 125mal größer seyn. Also wenn man sagt, ein Mikroskop vergrößere 100mal, so wird, weil man es sowohl von der Länge als von der Breite und Tiefe oder Dicke, das ist, von allen drey Dimensionen verstehen muß, die ganze Größe des Objects 100mal 100mal 100 mal vermehrt seyn; nun macht 100 mal 100, 10000, die noch 100mal genommen, 1000000 oder eine Million geben; also, wenn ein Mikroskop 100mal vergrößert, so ist die ganze Größe des Objects 1000000mal größer vorgestellt. Unterdessen begnüget man sich zu sagen, das Mikroskop vergrößere nur 100mal; allein man muß verstehen, jede Dimension, nemlich die Länge, die Breite und die Dicke, sey 100mal größer vorgestellt. Also, wenn ein Mikroskop 1000mal vergrößerte, so würde die ganze Größe des Objects 1000mal 1000mal 1000mal größer werden, welches 1000 000 000 oder eintausend Millionen ausmacht, und welches eine ungeheure Wirkung seyn würde. Diese Anmerkung ist sehr nothwendig, um sich einen richtigen Begriff von dem zu machen, was man von der Vergrößerungskraft der Mikroskope angiebt.

den 23ten Jänner 1762.

I. Daß die Urtheile verschiedener Personen von der Vergrößerung verschieden auszufallen pflegen, rührt wohl nicht daher, daß jeder eine verschiedene Entfernung der verglichenen Sache versteht. Denn wenn man von der scheinbaren Größe eines Pferde- oder Katzenfußes spricht, so versteht man allemal dabey die Entfernung, in welcher man sie gewöhnlich beym

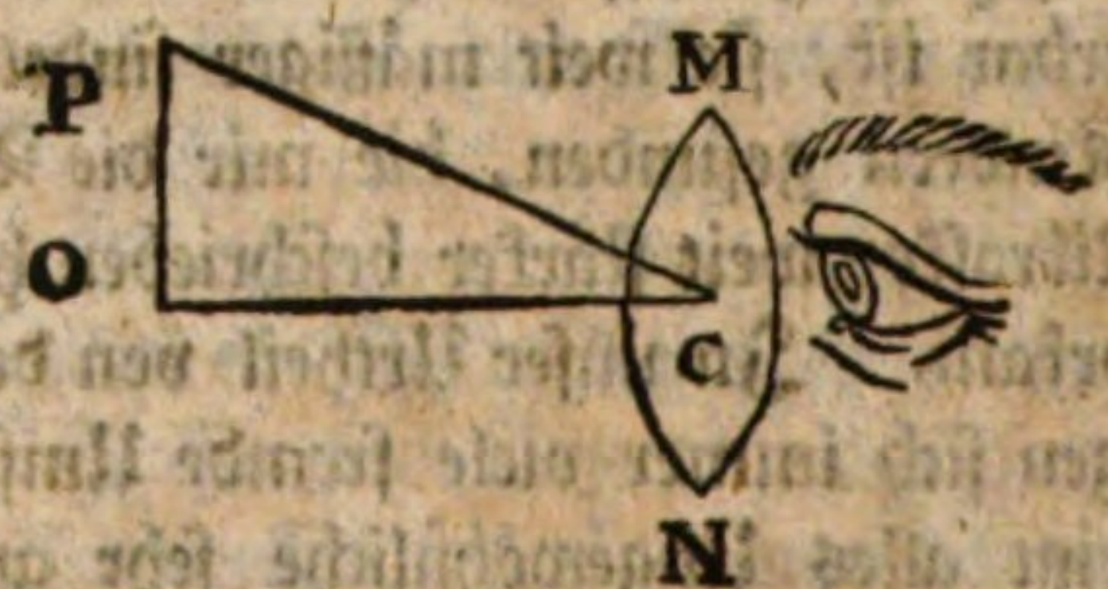
beym deutlichen Sehen vor sich hat; und diese ist nicht sehr bestimmt, weil bekanntlich ein Gegenstand seine Entfernung ziemlich verändern kann, ohne seine scheinbare Größe zu ändern. Die Ursache ist vermuthlich, daß unser Urtheil von der scheinbaren Größe sehr unbestimmt ist, weil unsere Seele die Gesichtswinkel nicht mißt, weswegen selbst bey dem unmittelbaren Sehen die Urtheile oft verschieden sind, ja selbst von derselben Sache bey derselben Person zu verschiedenen Zeiten nicht einerley bleiben. Derjenige, dem eine Vergrößerung wunderbar vorkömmt, mag sich leicht dieselbe sehr groß vorstellen, da ein anderer, dem sie nicht wunderbar ist, sie weit mäßiger findet. So habe ich es bey Kindern gefunden, die mir die Vergrößerung durch ein Mikroskop weit stärker beschrieben haben, als sie mir selbst vorkam. In unser Urtheil von der scheinbaren Größe mengen sich immer viele fremde Umstände. Besonders scheint alles Ungewöhnliche sehr groß oder sehr klein.

II. Auf die Vergrößerung nach der Dicke kann man bey der Schätzung der Vergrößerung nicht wohl Rücksicht nehmen, weil sie gar zu wenig in die Sinne fällt. Am besten thut man, die Vergrößerung blos nach dem Durchmesser in die Länge oder die Breite zu schätzen, es wäre denn, daß man die Kraft eines Mikroskops recht herausstreichen wollte, da man denn die Vergrößerung nach allen Dimensionen zugleich angeben muß.

Zweyhundert und erster Brief.

Nachdem ich Ew. Hoheit erklärt habe, auf was Weise man die Vergrößerungskraft der Mikroskope beurtheilen muß, so wird es mir leicht seyn, den Fundamentallehrsatz für die Verfertigung der einfachen Mikroskope zu beweisen. Bey dieser Gelegenheit aber muß ich anmerken, daß es zweyerley Gattungen von Mikroskopen giebt:

die einen enthalten nur ein einziges Glas; und die andern enthalten ihrer zwey oder mehrere: jene werden einfache und diese zusammengesetzte Mikroskope genennt; letztere erfodern besondere Erläuterungen. Ich werde Ew. Hoheit erstlich von den einfachen Mikroskopen unterhalten, die nur in einem einzigen converen Glase bestehen, dessen Wirkung durch diesen Lehrsatz bestimmt ist: **Ein einfaches Mikroskop vergrößert so vielmal als seine Brennweite in acht Zoll enthalten ist.** Hier ist der Beweis davon:



Es sey MN ein solches converes Glas, dessen Brennweite cO ist, in welcher man das Object OP ungefähr stellen muß, damit das Auge es deutlich sehe; es wird also dieses Object unter dem Winkel OcP stehen. Wenn man aber dasselbe Object in der Entfernung von acht Zoll betrachtete, so würde es unter einem um so vielmal kleinern Winkel erscheinen, als die Entfernung von acht Zoll die Entfernung cO übertrifft; und das Object wird also durch das Glas um so vielmal größer erscheinen, als wenn man es in der Weite von acht Zoll betrachtete. Nach der oben festgesetzten Regel aber vergrößert ein Mikroskop so vielmal als es uns die Objecte größer vorstellt, als wenn wir sie in der Weite von acht Zoll betrachteten. Folglich vergrößert ein Mikroskop so vielmal, als seine Brennweite in acht Zoll enthalten ist. Also vergrößert ein Glas, dessen Brennweite ein Zoll ist, genau achtmal; und ein Glas, dessen Brennweite nur ein halber Zoll ist, wird

sechzehnmal vergrößern. Man theilt einen Zoll in zwölf Theile, die man Linien nennt, so daß ein halber Zoll sechs Linien enthält; daher wird es leicht seyn zu sagen, wie vielmal jedes Glas, dessen Brennweite in Linien gegeben ist, nach dieser Tafel vergrößern muß.

Brennweite des Glases in Linien.

	12.	8.	6.	4.	3.	2.	1.	½ Lin.
vergrößert	8.	12.	16.	24.	32.	48.	96.	192 mal.

Ein converes Glas also, dessen Brennweite eine Linie ist, vergrößert 96 mal; und wenn sie eine halbe Linie ist, so vergrößert das Mikroskop 192 mal, oder ungefähr 200 mal. Wenn man noch größere Wirkungen verlangte, so müßte man Gläser machen, deren Brennweite noch kleiner wäre. Ich habe aber schon angemerkt, daß, wenn man ein Glas von einer gewissen gegebenen Brennweite machen will, man nur den Halbmesser jeder Fläche dieser Brennweite gleich machen dürfe, so daß das Glas auf beyden Seiten gleich conver werde. Ich werde also sogleich Ew. Hoheit die Zeichnungen von einigen dergleichen Gläsern oder Mikroskopen vorzulegen die Ehre haben.

I. Die Brennweite A O dieses Glases M N ist ein Zoll oder 12 Linien.

Dieses Mikroskop vergrößert also 8 mal.

II. Die

II. Die Brennweite des Glases MN ist 8 Linien.

Dieses Mikroskop vergrößert 12 mal.

III. Die Brennweite des Glases MN ist 6 Linien.

Dieses Mikroskop vergrößert 16 mal.

IV. Die Brennweite dieses Glases ist 4 Linien.

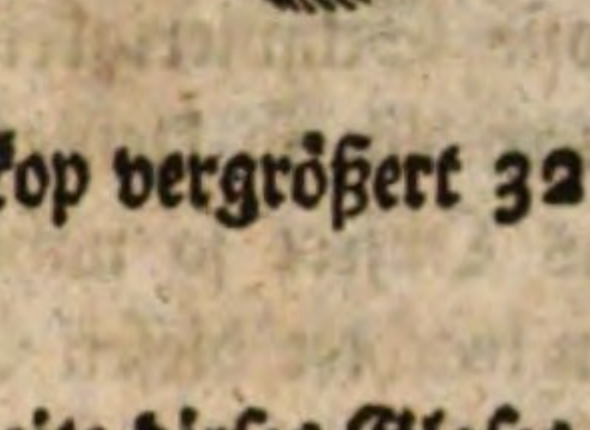
Dieses Mikroskop vergrößert 24 mal.

V. Die

V. Die Brennweite dieses Glases ist 3 Linien.

Dieses Mikroskop vergrößert 32 mal.

VI. Die Brennweite dieses Glases ist 2 Linien.



Dieses Mikroskop vergrößert 48 mal.

VII. Die Brennweite dieses Glases ist nur eine Linie.

Dieses Mikroskop vergrößert 96 mal.

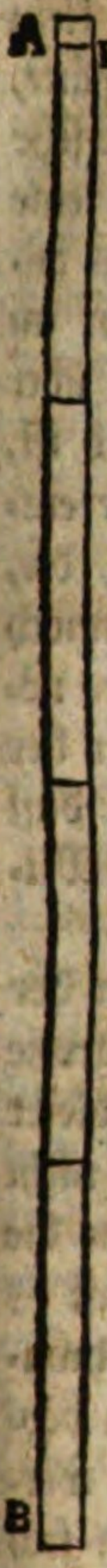
Man kann auch noch weit kleinere Mikroskope machen. Die Künstler verfertigen solche, und verschaffen uns dadurch weit beträchtlichere Wirkungen, wobey man wohl zu bemerken hat, daß die Entfernung des Objects vom Glase je länger je kleiner wird, weil sie der Brennweite des Glases beynahe gleich seyn muß. Ich sage beynahe,

weil

weil jedes Auge je nach seiner Beschaffenheit das Glas um ein klein wenig mehr oder minder dem Objecte nähert, die Kurzsichtigen mehr, die Weitsichtigen weniger. Hieraus sehen Ew. Hoheit, daß, je größer die Wirkung seyn soll, desto kleiner das Glas oder das Mikroskop wird, und desto näher auch das Object gebracht werden muß. Dieß verursacht große Schwierigkeiten, einerseits, weil es unbequem ist, durch ein so kleines Glas zu sehen, und anderseits, weil das Object so nahe am Auge befestigt werden muß. Man trachtet diesen Schwierigkeiten durch eine angemessene Einfassung der Gläser, die ihren Gebrauch erleichtert, abzuhelfen: allein das Object erscheint gleich sehr undeutlich, sobald die Entfernung desselben die geringste Veränderung leidet; und da bey den allerkleinsten Gläsern das Object das Glas beynahe berühren muß, so sieht man das Object gleich undeutlich, sobald seine Oberfläche nur ein wenig uneben ist. Denn wenn sich die Erhöhungen in der gehörigen Weite befinden, so sind die Vertiefungen zu weit entfernt, und können also nicht anders als nur sehr undeutlich gesehen werden. Dieß ist die Hauptursache, die uns nöthigt, die einfachen Mikroskope fahren zu lassen, wenn man Mikroskope wünscht, die viel vergrößern, und unsre Zuflucht zu den zusammengesetzten Mikroskopen zu nehmen.

den 26ten Jänner 1762.

Zweyhundert und zweyter Brief.



Ew. Hoheit haben so eben gesehen, wie man einfache Mikroskope machen muß, die so vielmal vergrößern, als man nur wünschen kann, weil man nur eine gerade Linie von 8 Zoll festsetzen darf, wie diejenige ist, die ich AB bezeichnet habe,*) die genau 8 Zoll des Rheinländischen Fußes enthalte, dessen man sich durch ganz Deutschland bedienet. Alsdann muß man diese Linie AB in so viel gleiche Theile theilen, als man vergrößern will, und eines dieser Theile wird die verlangte Brennweite des Glases seyn. Also, wenn man hundertmal vergrößern will, so ist das Theilchen AI der hundertste Theil der Linie AB**); folglich muß man ein Glas machen, dessen Brennweite genau diesem Theilchen AI gleich sey, welches zugleich den Halbmesser der Flächen des Glases abgiebt, das hier vorgestellt ist.

Ew. Hoheit sehen hieraus, daß, je größer die Wirkung ist, je kleiner das Glas seyn müsse, so wie seine Brennweite, in welcher man das Object OP vor das Glas stellen muß, auf dessen anderer Seite das Auge gehalten wird; und wenn man das Glas zweymal kleiner machte, als ich es hier gezeichnet habe, damit es

*) Da es nicht möglich war, eine gerade Linie von 8 Zoll hier vorzustellen, so hat man eine, die nur halb so groß ist, oder von 4 Zoll hergesetzt.

**) Nemlich, wenn die Linie AB 8 Zoll lang ist.

es zweyhundertmal vergrößere, so würde das Glas so klein werden, daß man beynahe ein Mikroskop nöthig hätte, um das Glas selbst zu sehen; auch würde man sich so sehr nähern müssen, daß man das Glas fast berührte, eine unstreitig sehr große Schwierigkeit, wie ich bereits anzumerken die Ehre gehabt habe: so daß man kaum im Stande seyn wird, die Wirkung des Mikroskops über 200 mal hinaus zu treiben, welches nicht zureichend ist, um die allerkleinsten Dinge zu sehen, die die Natur enthält. Das helleste Wasser enthält kleine Thierchen, die, wenn man sie gleich 200 mal vergrößert sieht, dennoch nur wie Flöhe erscheinen, und man würde Mikroskope nöthig haben, die 20000 mal vergrößerten, um sie in der Größe einer Ratte zu sehen; es fehlt aber sehr viel, daß man diesen Grad, sogar mit den zusammengesetzten Mikroskopen erreichte.

Aber außer den eben angeführten Schwierigkeiten der einfachen Mikroskope, die sich äußern, wenn man sehr große Wirkungen verlangt, beklagen sich alle, die sich dieser Instrumente bedienen, annoch über eine andere, die nicht minder unangenehm ist, daß nemlich, je mehr man die Objecte vergrößert, desto dunkler sie aussehen, so daß es scheint, als sähe man sie beym Schein eines sehr schwachen Lichts, oder gar beym Mondenschein, daher man beynahe nichts daran unterscheiden kann. Ew. Hoheit werden sich hierüber nicht verwundern, wenn Dieselben sich erinnern wollen, daß das Licht des Vollmondes über zweyhunderttausendmal schwächer ist als das Licht der Sonne. Es ist also ein sehr wichtiger Punkt zu erklären, woher diese Verminderung des Lichts komme? Man begreift leicht, daß, wenn die von einem sehr kleinen Object kommenden Stralen es uns vorstellen müssen, als wenn es viel größer wäre, diese kleine Menge von Licht nicht zureichend seyn kann; unterdessen so gegründet auch diese Ursache scheinen mag, so ist sie doch nicht gültig, und macht uns bey dieser Frage

nur

nur irre. Denn wenn das Glas, indem es mehr vergrößert, nothwendig eine Verminderung der Helligkeit nach sich ziehet, so müßte man diese auch bey geringern Wirkungen, nur nicht in einem so hohen Grade wahrnehmen. Allein man kann bis auf funfzigmal vergrößern, ohne daß man die geringste Verminderung des Lichts gewahr wird, welches doch um funfzigmal schwächer seyn müßte, wenn der angeführte Grund richtig wäre. Man muß also die Ursache dieser Erscheinung anderswo suchen, ja man muß bis zu den ersten Grundsätzen des Sehens hinaufsteigen.

Bey dieser Gelegenheit belieben Ew. Hoheit sich dessen zu erinnern, was ich Denselben über den Gebrauch des Sterns, oder jener schwarzen Oeffnung, die man auf der Mitte der Iris im Auge sieht, die Ehre hatte zu sagen. Eben durch diese Oeffnung kommen die Stralen in die Augen; und je größer sie also ist, desto mehr Stralen dringen hinein. Hier muß man zwey Fälle betrachten, den einen, wo die Objecte sehr leuchtend und glänzend sind, und den andern, wo sie nur von einem sehr schwachen Licht erhellet werden. In dem erstern Falle zieht sich der Stern von selbst zusammen, ohne daß es unser Wille befiehlt, und der Schöpfer versah ihn mit diesem Vermögen, um das Innere des Auges vor dem allzugroßen Glanze des Lichts zu verwahren, der die Nerven unfehlbar verletzen würde. Daher so oft man sich in einem stark erleuchteten Orte befindet, sieht man, daß sich alle Augensterne zusammenziehen, um nur so viel Stralen in die Augen eindringen zu lassen, als nöthig sind, um ein genugsam helles Bild darinn abzumalen. Das Gegentheil aber geschieht, wenn man sich in einem dunkeln Orte befindet; alsdenn wird der Stern größer, um das Licht in größerer Menge zu empfangen. Es ist sehr leicht, diese Veränderung wahrzunehmen, so oft man aus einem dunkeln Orte in einen sehr hellen übergeht. Zu der gegenwärtigen Absicht

schränke ich mich auf diesen Umstand ein, daß, je mehr Stralen ins Auge eindringen, desto leuchtender das Bild seyn wird, das auf die Netzhaut fällt; und hinwiederum je geringer die Menge von Stralen ist, die ins Auge dringen, desto schwächer wird auch das Bild, und scheint folglich dunkler. Es kann sich aber ereignen, daß nur sehr wenig Stralen ins Auge kommen, obgleich der Stern weit offen steht: man darf nur mit einer Stecknadel ein kleines Loch in Kartenpapier machen, und irgend ein Object betrachten, so wird es alsdenn, es mag von der Sonne auch noch so gut erleuchtet seyn, um so viel dunkler erscheinen, je kleiner das Loch ist; und durch ein solches Loch kann man selbst die Sonne betrachten. Der Grund davon ist sehr einleuchtend, weil nemlich nur wenige Stralen ins Auge fallen. So weit auch der Stern seyn mag, so ist es doch die Oeffnung im Kartenblatte, die die Menge des Lichts, das ins Auge fällt, bestimmt, und nicht der Stern, von dem es sonst abzuhängen pflegt.

Das Nemliche geschieht in Mikroskopen, die viel vergrößern. Denn wenn das Glas äußerst klein ist, so geht nur eine sehr kleine Menge Stralen, wie m n, dadurch; und da diese den ganzen Raum der Oeffnung des Sterns nicht ausfüllen, so muß das Object daher um so viel dunkler scheinen; hieraus sieht man, daß diese Verminderung des Lichts nur alsdenn vorgeht, wenn das Glas M N, oder vielmehr sein offener Theil kleiner ist als der Stern. Wäre es möglich, eine ansehnliche Vergrößerung vermittelst eines größern Glases hervorzubringen, so würde diese Verdunkelung nicht statt haben; und dieses ist die eigentliche Erklärung

der

der vorgelegten Frage. Um aber dieser Schwierigkeit bey starken Vergrößerungen abzuhelfen, trachtet man, das Object so viel möglich zu erleuchten, damit man die wenigen Stralen, die zum Auge hinkommen, desto stärker mache. Zu diesem Ende erleuchtet man die Objecte durch die Sonne selbst, oder man braucht Spiegel, die das Licht der Sonne darauf zurückwerfen. Dieses sind ungefähr alle Umstände, die bey den einfachen Mikroskopen in Betrachtung kommen, und Ew. Hoheit werden hieraus leicht die Wirkung aller derjenigen beurtheilen können, die Dieselben zu sehen Gelegenheit haben werden.

den 30ten Jänner 1762.

Zweyhundert und dritter Brief.

Ehe ich den Bau der zusammengesetzten Mikroskope erkläre, hoffe ich, wird eine Digression über die Fernröhre Ew. Hoheit nicht misfällig seyn. Diese zwey Gattungen von Werkzeugen sind ganz nahe mit einander verwandt: die eine dient die andere besser zu erklären. So wie die Mikroskope zur Betrachtung naher Objecte dienen, indem sie uns dieselben unter einem weit größern Winkel vorstellen, als wenn wir sie in einer gewissen Entfernung, z. E. von 8 Zoll, betrachteten, so ist die andere Gattung dazu bestimmt, uns die entfernten Objecte besser zu entdecken, indem sie uns dieselben unter einem größern Winkel vorstellt, als dem bloßen Auge. Diese Werkzeuge haben, sowohl nach ihrer Größe als nach ihrer Bestimmung, mehrere Benennungen; die kleinsten nennt man Taschenperspective, andere größere nennt man auch Perspective. Diejenigen, deren sich die Astronomen bedienen, heißen Tubi oder Sehröhre; der allgemeine Name aller aber ist Fernröhre. Dieß sind also solche Instrumente, welche uns die weit entfernten Objecte unter einem größern Winkel vorstellen, als sie dem bloßen Auge erschei-

nen; eine Erklärung, die sehr richtig ist, und nichts willkührliches enthält, wie die von den Mikroskopen, deren Wirkung nach einer gewissen willkührlichen Entfernung, die man gemeiniglich zu acht Zoll annimmt, geschätzt wird.

Wenn aber von sehr weit entfernten Objecten die Rede ist, deren Abstand für unser Gesicht allzugroß ist, so behält man bey der Schätzung der Wirkung natürlicher Weise die nemliche Entfernung bey, und ein Fernrohr vergrößert so vielmal, als der Winkel, unter welchem es die Gegenstände vorstellt, größer ist als mit bloßem Auge. Z. E. der Mond erscheint dem bloßen Auge unter einem Winkel von einem halben Grad; folglich vergrößert ein Teleskop 100mal, wenn es uns den Mond unter einem Winkel von 50 Graden vorstellt, welcher 100mal größer ist als ein halber Grad; wenn es 200mal vergrößerte, so würde es den Mond unter einem Winkel von 100 Graden zeigen; und also würde der Mond mehr als die Hälfte des sichtbaren Himmels, dessen ganzer Umfang nur 180 Grad beträgt, anzufüllen scheinen.

Gemeiniglich sagt man, die Fernröhre bringen uns die Objecte näher, eine sehr zweydeutige Redensart, die zwey verschiedene Bedeutungen zuläßt. Die eine ist, daß, wenn wir durch ein Fernrohr sehen, wir die Objecte für so vielmal näher halten, als das Fernrohr vergrößert. Allein ich habe bereits die Ehre gehabt, Ew. Hoheit bemerken zu lassen, daß wir die Entfernungen der Objecte nicht anders wissen können, als durch Beurtheilung, und daß eine solche Beurtheilung nur bey mäßig entfernten Objecten statt haben kann; daher wenn die Objecte so weit entfernt sind, als wir hier annehmen, eine solche Beurtheilung der Entfernungen weit irre führen würde. Die andere Bedeutung ist der Wahrheit angemessener, wenn man darunter versteht, die Fernröhre stellen uns die Objecte so groß vor, als wir sie sehen würden, wenn wir ihnen näher kämen.

Denn

Denn Ew. Hoheit wissen, daß, je mehr man sich einem Objecte nähert, desto größer der Winkel wird, unter welchem es erscheint, und also kömmt diese Erklärung mit derjenigen überein, die ich im Anfang gegeben habe. Inzwischen wenn man sehr bekannte Objecte betrachtet, z. E. Menschen in einer großen Entfernung, und man sieht sie durch ein Fernrohr unter einem weit größern Winkel, so ist man alsdenn geneigt zu glauben, diese Menschen seyn wirklich viel näher, weil man sie alsdenn in der That unter einem um so viel größern Winkel sehen würde. Aber wenn es wenig bekannte Objecte, als die Sonne oder der Mond sind, so kann keine Schätzung der Entfernung statt haben. Hier ist der Fall von demjenigen ganz verschieden, dessen ich gegen Ew. Hoheit zu erwähnen die Ehre gehabt habe, wo ein concaves Glas, dessen sich die Kurzsichtigen bedienen, die Bilder der Gegenstände, in einer sehr kleinen Weite vorstellt. Das concave Glas z. E. dessen ich mich bediene, stellt mir die Bilder aller Gegenstände in der Weite von 4 Zoll vor; indessen bilde ich mir nicht ein, die Sonne, der Mond und die Sterne seyn so nahe bey mir; also urtheilen wir nicht, die Objecte seyn da, wo sich ihre durch die Gläser vorgestellten Bilder befinden; wir glauben es so wenig, als wir die Existenz der Objecte in unsern Augen glauben, obgleich ihre Bilder darinn abgemalt sind; und Ew. Hoheit werden sich wohl erinnern, daß das Urtheil über die wahre Entfernung der Objecte, eben so wie das über ihre wahre Größe, von ganz besondern Umständen abhängt.

Der vornehmste Zweck der Fernröhre ist also, den Winkel, unter welchem die Objecte dem bloßen Auge erscheinen, zu vergrößern; und daher macht man die Haupteintheilung der Fernröhre nach der Wirkung, die sie thun, so daß man sagt, jenes Fernrohr vergrößere fünfmal, ein anderes zehnmal, ein anderes zwanzig- oder dreyßigmal u. s. w. Hiebey merke ich an, daß die Taschenperspective

selten über zehnmal vergrößern; aber die gewöhnlichen Fernröhre, welcher man sich bedient, um sehr weit entfernte Objecte auf der Erde zu betrachten, vergrößern von zwanzig- bis auf dreyßigmal, und ihre Länge steigt bis auf 6 Fuß und drüber. Eine solche Wirkung, ob sie gleich in Ansehung irdischer Objecte sehr beträchtlich ist, ist für die Himmelskörper noch eine Kleinigkeit, als welche eine weit stärkere Vergrößerung ersodern. Also hat man astronomische Fernröhre, die von 50 bis auf 200 mal vergrößern; es weiter zu bringen, scheint schwer, weil, nach der gewöhnlichen Weise sie zu verfertigen, sie immer länger werden müßten, je größer ihre Wirkung wäre; ein solches Fernrohr, das 100 mal vergrößern soll, hat aber schon 30 Fuß in der Länge; eins von 100 Fuß hingegen kann kaum 200 mal vergrößern. Hieraus sehen Ew. Hoheit ein, daß die Schwierigkeit, so lange Maschinen zu regieren, ein unübersteigliches Hinderniß ist, die Versuche weiter zu treiben. Der berühmte Danziger Astronom Hevelius bediente sich zwar Fernröhre von 200 Fuß; allein diese Instrumente müssen wohl sehr mangelhaft gewesen seyn, weil man heut zu Tage die nemlichen Dinge durch weit kürzere entdeckt.

Dieß ist also überhaupt die Beschreibung der Fernröhre und ihrer verschiedenen Gattungen, die man wohl zu merken hat, ehe man ihre Einrichtung, und die Weise, wie man sie aus zwey oder mehrern Gläsern zusammensetzt, um alle die verschiedenen Wirkungen hervorzubringen, umständlich durchgeht.

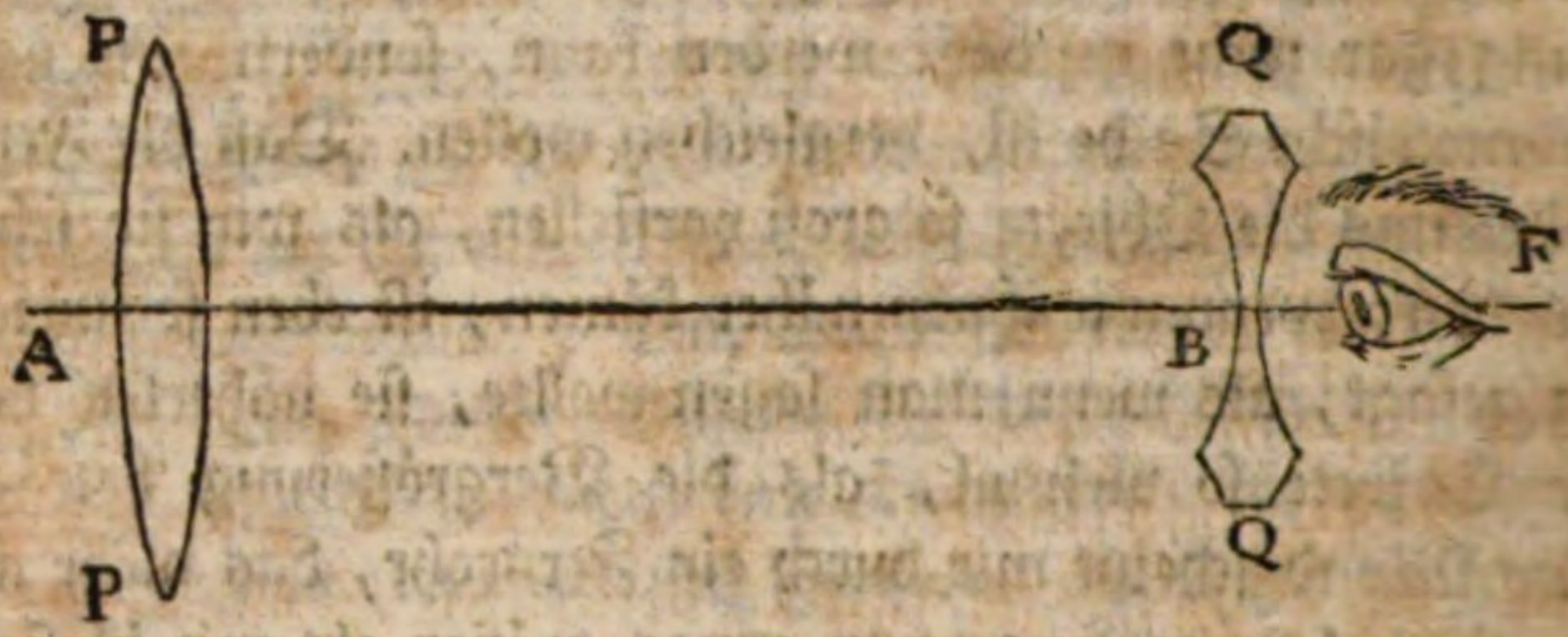
den 2ten Februar 1762.

Durch ein Fernrohr erscheinen uns die Gegenstände allerdings näher, weil sie uns viel deutlicher als mit bloßen Augen erscheinen; allein eine Vergleichung der scheinbaren Entfernung mit bloßen Augen und durch das Fernrohr wird wohl niemand anstellen wollen, noch weniger dieses

Verhältniß mit der Vergrößerung, die durch die Empfindung gar nicht geschätzt werden kann, sondern eine ganz geometrische Sache ist, vergleichen wollen. Daß die Fernröhre uns die Objecte so groß vorstellen, als wir sie sehen würden, wenn wir ihnen näher kämen, ist eben so unrichtig gesagt, als wenn man sagen wollte, sie näherten uns die Objecte so vielmal, als die Vergrößerung beträgt. Der Mond scheint mir durch ein Fernrohr, das mehr als vierzigmal vergrößert, nur etwas größer als mit bloßem Auge. Denn meine Seele bringt in die Vorstellung des durch das Fernrohr gesehenen Bildes die Vorstellung des Mondes, wie er dem bloßen Auge erscheint, und modificirt jene durch diese. Es würde mir auch unmöglich seyn, in der Röhre einen Gegenstand mir vorzustellen, der darinn so groß erscheinen sollte, wie ein Körper am Himmel von etwa 20 Graden im Durchmesser mir erscheinen müßte. Die Gesichtswinkel vergleicht die Seele nicht anders, als wenn sie zwey oder mehr Gegenstände unter ähnlichen oder ähnlich scheinenden Umständen betrachtet.

Zweyhundert und vierter Brief.

Man weiß nicht eigentlich, wem wir die Erfindung der Fernröhre zu danken haben, einem holländischen Künstler, oder einem Italiener Namens **Porta**. Dem sey wie ihm wolle, so sind es ungefähr 150 Jahre, seitdem man angefangen hat, kleine Taschenperspective zu verfertigen, die aus zwey Gläsern bestehen, wovon das eine conver und das andere concav ist. Es scheint, daß man eine so nützliche Erfindung einzig dem bloßen Ohngefähr schuldig sey. Man hat, ohne einige Absicht, zwey Gläser so lange einander nähern oder entfernen können, bis die Objecte deutlich erschienen sind.

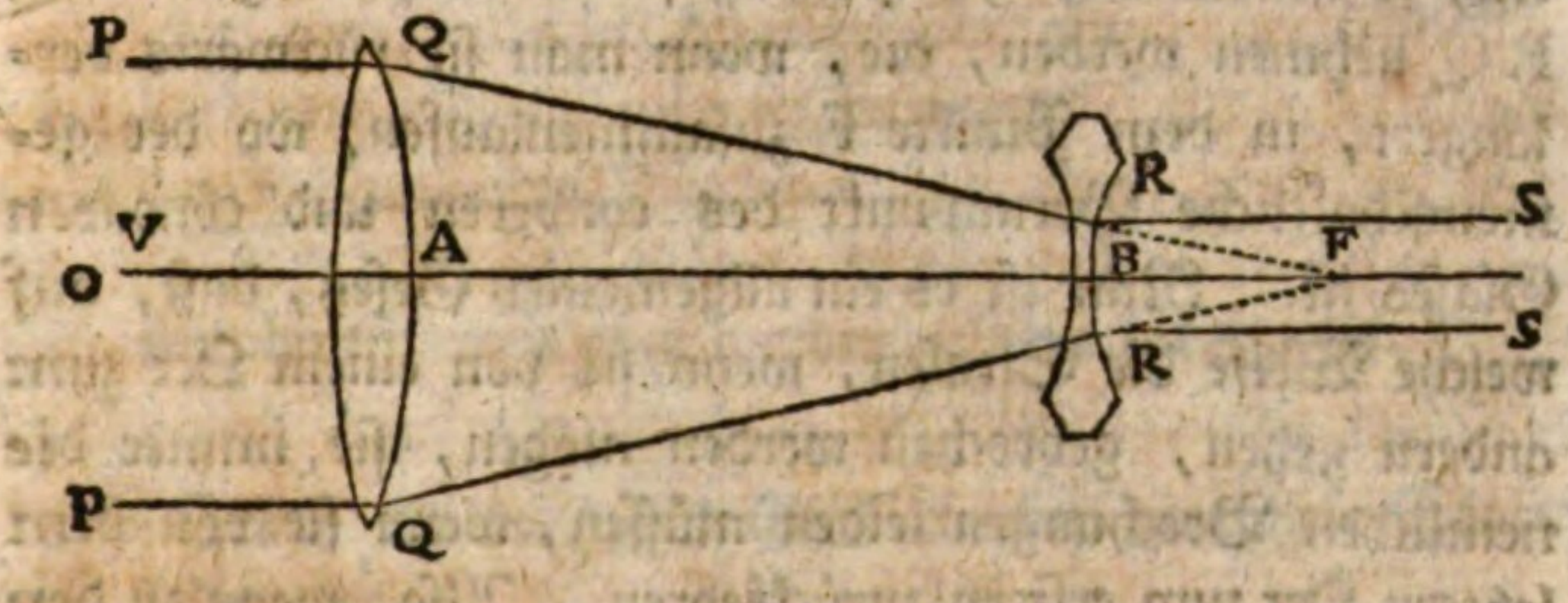


Das convexe Glas P A P ist gegen das Object gerichtet, und an das concave Glas Q B Q hält man das Auge, weswegen das Glas P A P das Objectiv, und das Glas Q B Q das Ocular oder Augenglas genennt wird. Diese zwey Gläser liegen auf der nemlichen Axe A B, welche sowohl das eine als das andere Glas in der Mitte senkrecht durchschneidet. Die Brennweite des convexen Glases P A P muß größer seyn, als die des concaven Glases, und die Gläser müssen so geordnet seyn, daß, wenn A F die Brennweite des Objectivs P A P ist, der Brennpunkt des Augenglases Q B Q in den nemlichen Punkt F falle; und also ist der Zwischenraum zwischen den Gläsern A B der Unterschied zwischen den Brennweiten dieser zwey Gläser; da A F die Brennweite des Objectivs und B F die des Augenglases ist. Wenn die Gläser an ihrer Stelle sind, so werden diejenigen, die ein gutes Gesicht haben, die entfernten Objecte sehr gut sehen, und sie werden ihnen eben so vielmal größer scheinen, als die Linie A F größer ist als B F. Also wenn man für die Brennweite des Objectivs 6 Zoll nimmt, und für die des Augenglases 1 Zoll, so werden die Objecte sechsmal vergrößert werden, oder sie werden unter einem sechsmal größern Winkel erscheinen als dem bloßen Auge, und in diesem Fall wird der Zwischenraum zwischen den Gläsern A B 5 Zoll seyn, welches zu gleicher Zeit die Länge des Fernrohres ist. Ew. Hoheit wissen wohl, ohne daß ich es Denselben sage, daß

diese

diese zwey Gläser in ein Rohr von eben dieser Länge eingefaßt sind, ob ich gleich in der Figur es nicht angedeutet habe.

Nachdem ich angezeigt habe, auf welche Weise die zwey Gläser mit einander verbunden seyn müssen, damit ein gutes Instrument daraus entstehe, so giebt es zwey Dinge, die Ew. Hoheit bemerken wollen: das eine, warum diese Gläser uns die Objecte deutlich vorstellen, und das andere, warum sie eben so vielmal vergrößert scheinen, als die Linie AF die Linie BF enthält. In Absicht auf das erste muß man anmerken, daß ein gutes Gesicht die Objecte besser sieht, wenn sie so weit entfernt sind, daß man die Stralen, die ins Auge fallen, als unter sich parallel ansehen kann.



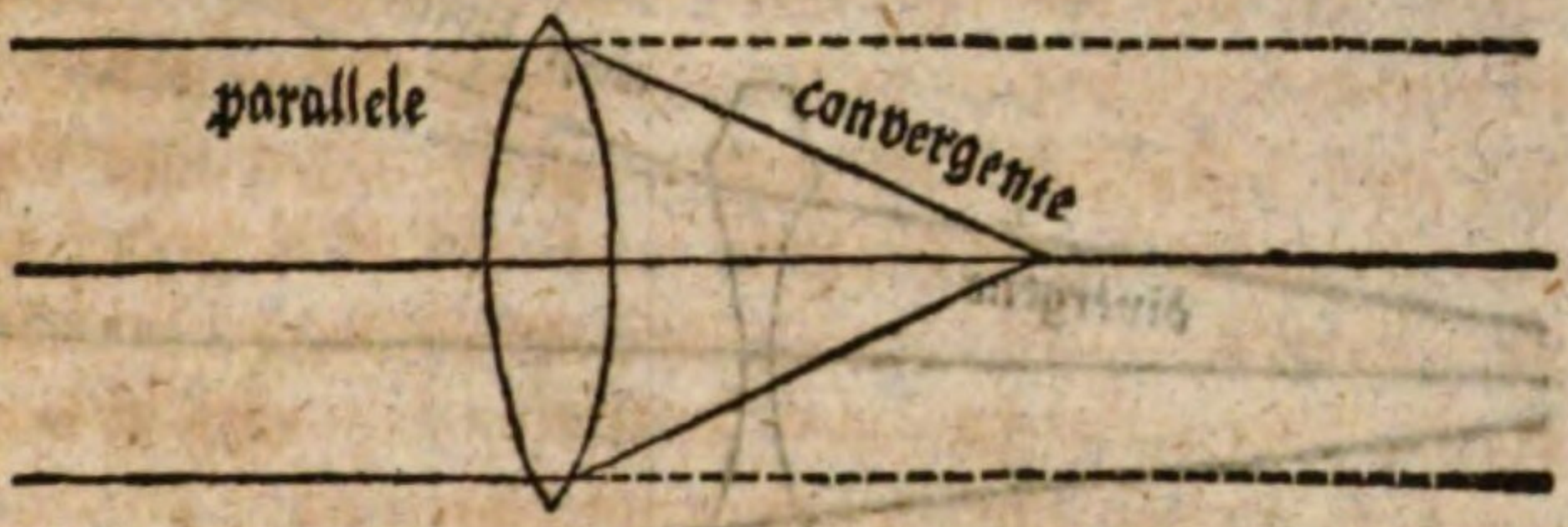
Wir wollen also einen Punkt V in dem Objecte, nach welchem das Fernrohr gerichtet ist, betrachten; und weil wir es als weit entfernt annehmen, so werden die Stralen, die auf das Objectiv fallen, PQ, OA, PQ, einander beynahe parallel seyn, und also, da das Objectiv QAQ ein convexes Glas ist, wird es sie in seinem Brennpunkte F vereinigen, so daß diese Stralen, weil sie convergent sind, sich für ein gutes Gesicht nicht schicken würden. Weil aber das concave Glas in B die Kraft besitzt, die Stralen mehr divergent zu machen, oder ihre Convergenz zu vermindern, so wird es die Stralen QR und QR so brechen, daß sie mit einander parallel werden, oder, statt sich in F zu ver-

einigen, werden sie die mit der Axe BF parallele Richtung RS, RS nehmen; und also wird ein gutes Gesicht, wornach man sich bey der Verfertigung dieser Instrumente immer richtet, indem es diese parallele Stralen RS, BF, RS auffängt, das Object deutlich sehen. Der Grund aber, warum die Stralen RS, RS mit einander genau parallel werden, ist, weil das concave Glas seinen Brennpunkt, oder vielmehr seinen Zerstreuungspunkt, in F hat.

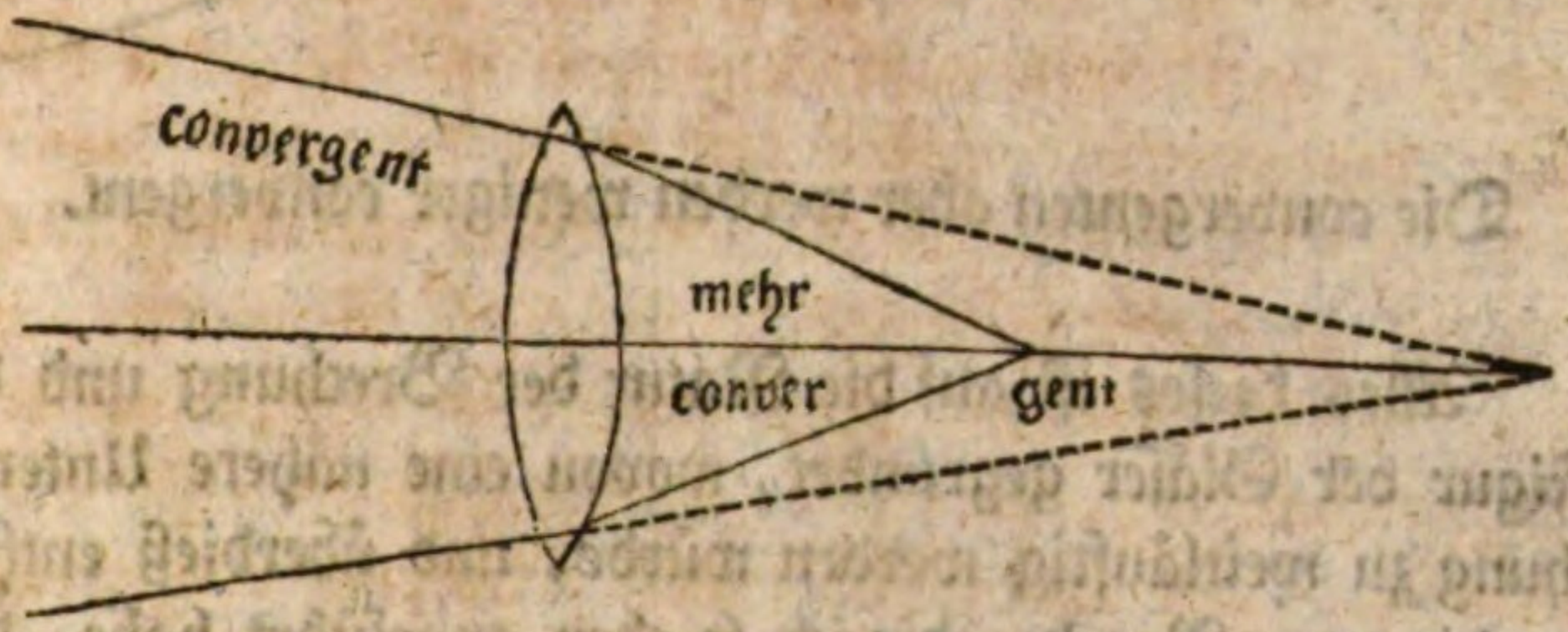
Ew. Hoheit dürfen sich nur erinnern, daß, wenn parallele Stralen auf ein concaves Glas fallen, sie durch die Brechung divergent werden, so daß sie, rückwärts verlängert, in dem Brennpunkt zusammenlaufen. Dieß festgesetzt, dürfen wir den Fall nur umkehren, und die Stralen SR, SR, als auf das concave Glas einfallende betrachten, so ist alsdann gewiß, daß sie die Richtungen RQ, RQ nehmen werden, die, wenn man sie rückwärts verlängert, in dem Punkte F zusammenlaufen, wo der gemeinschaftliche Brennpunkt des converen und concaven Glases ist. Nun ist es ein allgemeines Gesetz, daß, auf welche Weise die Stralen, wenn sie von einem Ort zum andern gehen, gebrochen werden mögen, sie immer die nemlichen Brechungen leiden müssen, wenn sie von dem letztern Ort zum erstern zurückkehren. Also, wenn zu den einfallenden Stralen SR, SR die gebrochenen Stralen RQ, RQ, gehören, so werden hinwiederum, wenn die Stralen RQ, QR die einfallenden sind, RS und RS die gebrochenen seyn.

Die Sache wird vielleicht noch deutlicher werden, wenn ich sage, die concaven Gläser besitzen die Kraft, diejenigen Stralen parallel zu machen, die ohne die Brechung sich in ihren Brennpunkten vereinigt hätten. Oder Ew. Hoheit dürfen auch nur die nachfolgenden Regeln über die Brechung sowohl in den converen als concaven Gläsern wohl einsehen.

I. Durch ein converes Glas werden aus parallelen Stralen convergente.

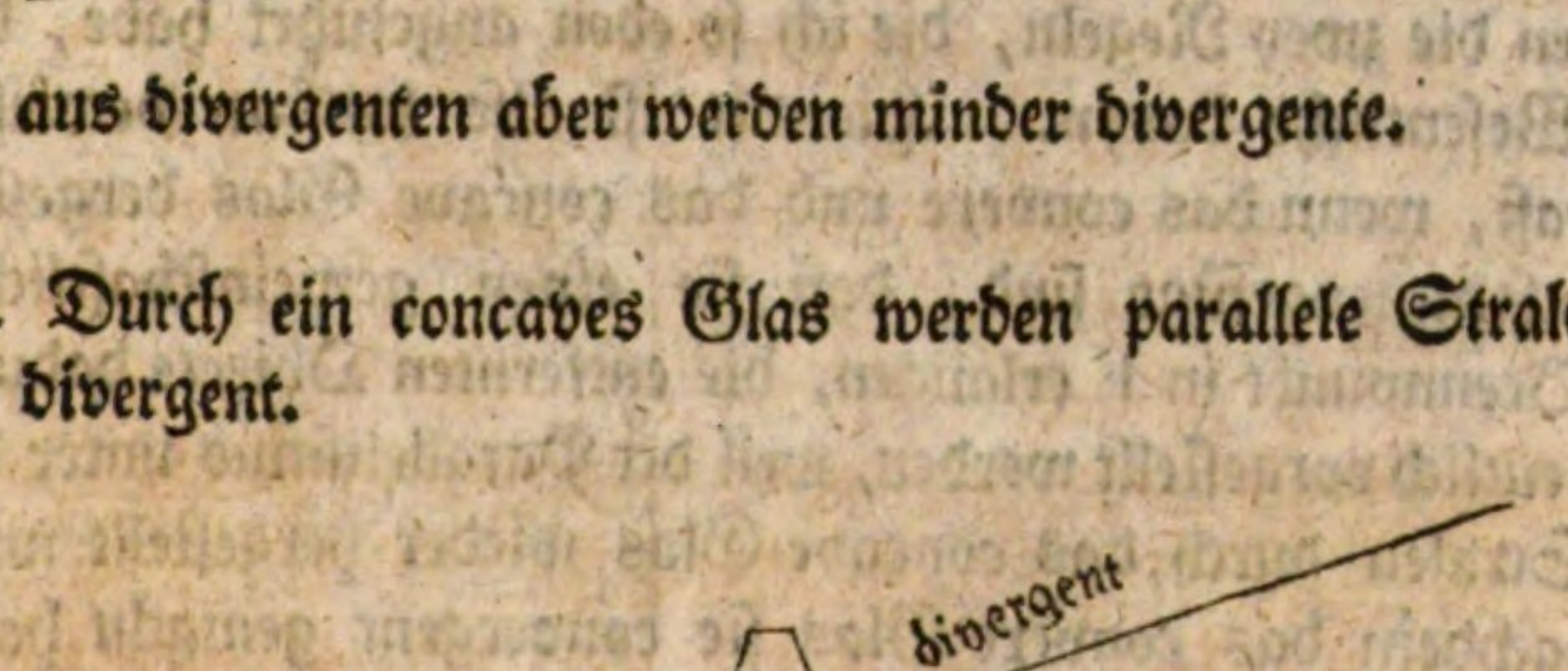


Die convergenten werden noch mehr convergent;



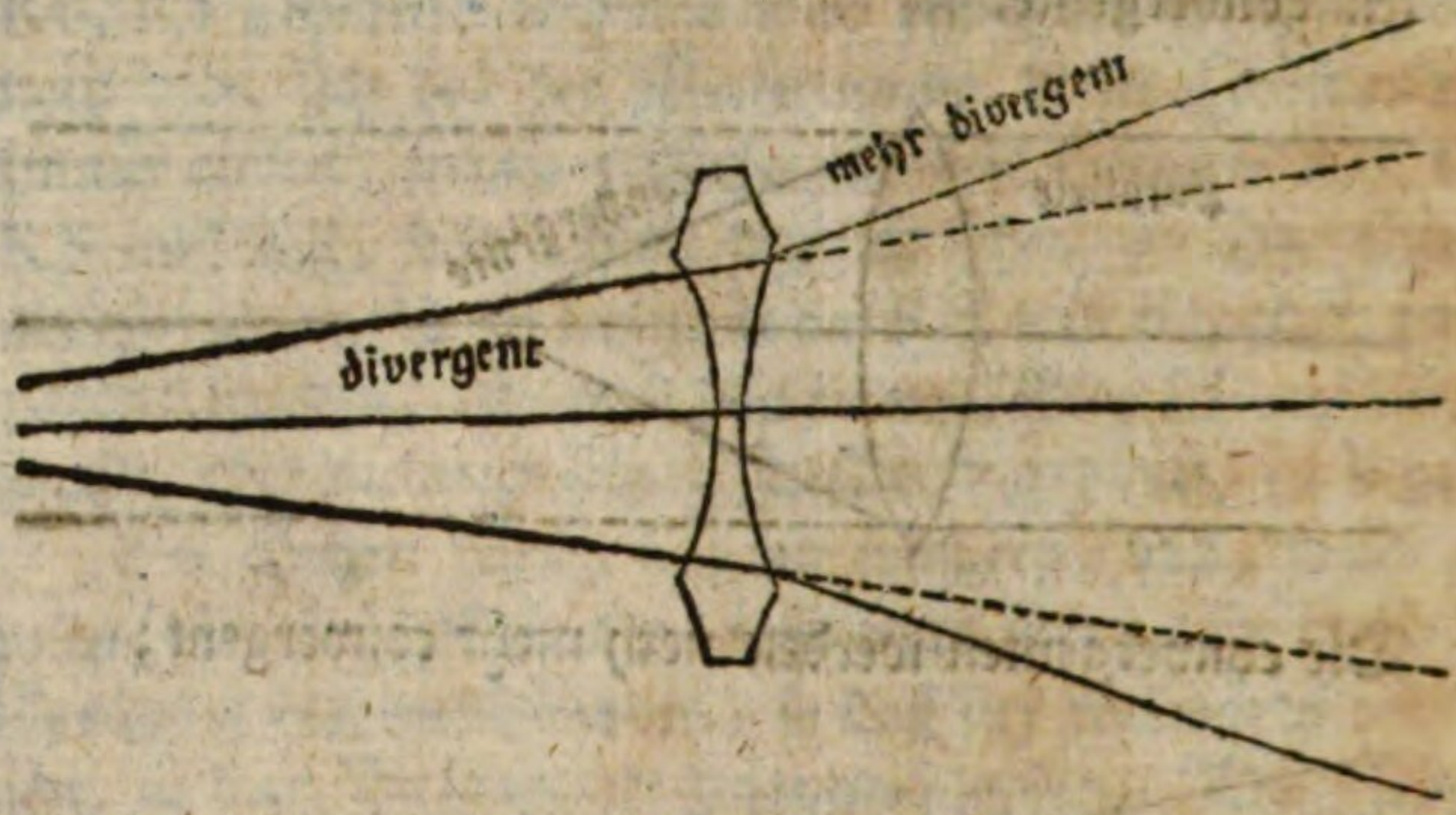
aus divergenten aber werden minder divergente.

II. Durch ein concaves Glas werden parallele Stralen divergent.



Diver-

Divergente werden noch mehr divergent.

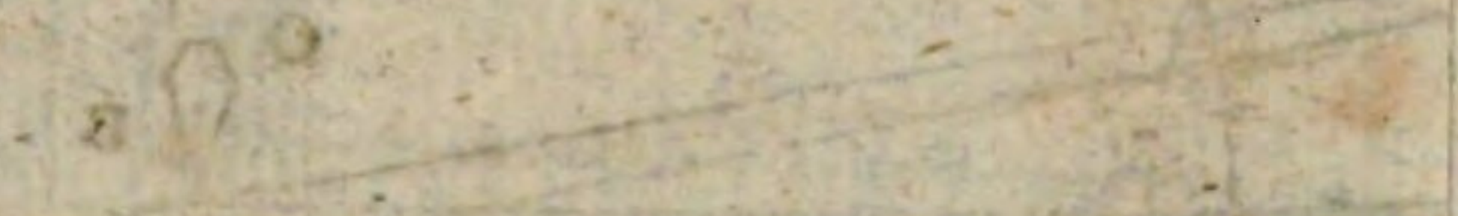


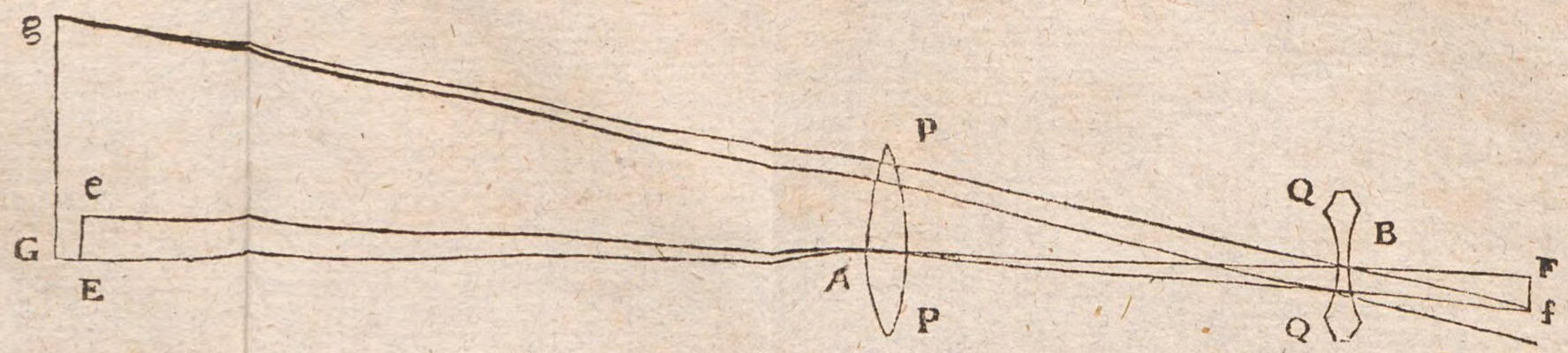
Die convergenten aber werden weniger convergent.

Alles dieses ist auf die Natur der Brechung und der Figur der Gläser gegründet, wovon eine nähere Untersuchung zu weitläuftig werden würde, und überdieß enthalten die zwey Regeln, die ich so eben angeführt habe, das Wesentliche davon. Hiermit ist also sattsam bewiesen, daß, wenn das convexe und das concave Glas dergestalt zusammengefügt sind, daß sie einen gemeinschaftlichen Brennpunkt in F erlangen, die entfernten Objecte dadurch deutlich vorgestellt werden, weil der Parallelismus unter den Stralen durch das concave Glas wieder hergestellt wird, nachdem das convexe Glas sie convergent gemacht hatte. Oder auch, da die Stralen der sehr entfernten Objecte beynahe unter sich parallel sind, so werden sie durch die convexen Gläser convergent, und hernach hebt das concave Glas diese Convergenz auf, und macht die Stralen von neuem unter sich parallel.

den 6ten Februar 1762.

Zwey-




g
e
G
E
P
A
P
Q
B
Q
F
f

Zweyhundert und fünfter Brief.

Noch bleibt mir übrig, Ew. Hoheit den vornehmsten Artikel von den Fernröhren zu erklären, denjenigen nemlich, der ihre Vergrößerungskraft betrifft. Ich hoffe denselben in ein solches Licht zu setzen, daß jeder Zweifel verschwinden wird; und zu dem Ende werde ich alles, was ich hierüber zu sagen habe, in folgende Sätze zusammenziehen. Die Figur befindet sich auf einem besondern Blatt bey diesem Briefe.

I. Es sey E e das Object auf der Axe des Fernrohres, welche die beyden Gläser senkrecht durch ihre Mitten durchschneidet. Man muß aber dieses Object E e als unendlich entfernt betrachten.

II. Also, wenn das in A befindliche Auge dieses Object betrachtet, so wird es dasselbe unter dem Winkel E A e sehen, welcher sein Sehewinkel genennet wird. Nun muß man beweisen, daß, wenn man dasselbe Object durch das Fernrohr betrachtet, es unter einem größern, und genau so vielmal größern Winkel erscheinen werde, als die Brennweite des Objectivglases P A P die des Augenglases Q B Q übertrifft.

III. Da die Wirkung aller Gläser darinn besteht, daß sie die Objecte in einer andern Stelle, und in einer gewissen Größe vorstellen, so dürfen wir nur die Bilder untersuchen, die nach einander durch die beyden Gläser vorgestellt werden; das letzte davon ist der unmittelbare Gegenstand des Gesichtes für denjenigen, der durch das Fernrohr sieht.

IV. Da nun das Object E e von dem convexen Glase P A P unendlich entfernt ist, so wird sein Bild hinter dem Glase in F f vorgestellt werden, so daß A F der Brennweite des Glases gleich ist; und die Größe dieses Bildes

des

des Ff wird durch die gerade Linie fAe bestimmt, die von dem äußersten Ende des Objects e durch die Mitte des Glases A gezogen ist; woraus man sieht, daß dieses Bild verkehrt und so vielmal kleiner als das Object ist, als der Abstand AF kleiner ist denn der Abstand AE.

V. Nunmehr vertritt dieses Bild Ff die Stelle des Objects, in Absicht auf das Augenglas QBQ; weil die Stralen, die auf dieses Glas fallen, die nemlichen sind, die das Bild Ff so eben formiren wollten, aber durch das concave Glas QBQ in ihrem Weg aufgefangen werden, so daß dieses Bild nur eingebildet ist; unterdessen ist die Wirkung davon die nemliche, als ob es wirklich wäre.

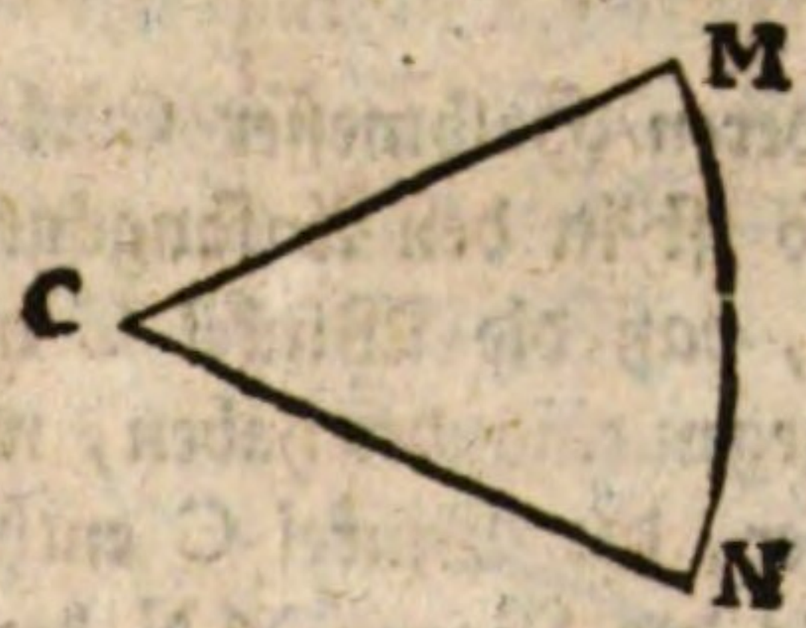
VI. Da dieses Bild Ff, das wir nunmehr als ein Object betrachten, sich in der Brennweite des Glases QBQ befindet, so wird es durch die Refraction dieses Glases beynahe ins Unendliche hinausgesetzt. Die vorhergehende Figur zeigt dieses neue Bild in Gg, dessen Abstand AG man sich als unendlich vorstellen muß, und die durch das Glas QBQ zum zweytenmal gebrochenen Stralen werden denselben Weg nehmen, als ob sie wirklich von dem Bilde Gg kämen.

VII. Da also dieses zweyte Bild Gg das Object desjenigen ist, der durch das Fernrohr sieht, so müssen wir desselben Größe untersuchen. Zu dem Ende darf man nur, weil es durch die Brechung des Glases QBQ aus dem ersten Bilde Ff entsteht, nach der allgemeinen Regel durch die Mitte des Glases B eine gerade Linie ziehen, die durch den Endpunkt f des ersten Bildes gehe, so wird diese Linie in g das äußerste Ende des zweyten Bildes zeigen.

VIII. Nunmehr setze der Zuschauer sein Auge in B; und da die Stralen, die er empfängt, den nemlichen Weg nehmen, als ob sie wirklich aus dem Bilde G g kämen, so wird ihm dasselbe unter dem Winkel G B g erscheinen, welcher augenscheinlich größer ist als der Winkel E A e, unter welchem das Object E e dem bloßen Auge erscheint.

IX. Um diese zwey Winkel besser zu vergleichen, so ist gleich anfangs klar, daß der Winkel E A e gleich ist dem Winkel F A f, der ihm mit der Spitze entgegengesetzt ist; auf gleiche Weise ist der Winkel G B g dem Winkel F B f gleich, weil auch sie mit der Spitze B einander entgegengesetzt sind. Es ist also darum zu thun, daß man beweise, der Winkel F B f enthalte den Winkel F A f so vielmal als die Linie A F die Linie B F enthält, wovon jene A F die Brennweite des Objectivglases, und diese B F die Brennweite des Augenglases ist.

X. Um dieß zu beweisen, müssen wir gewisse aus der Geometrie hergenommene Sätze von der Natur der

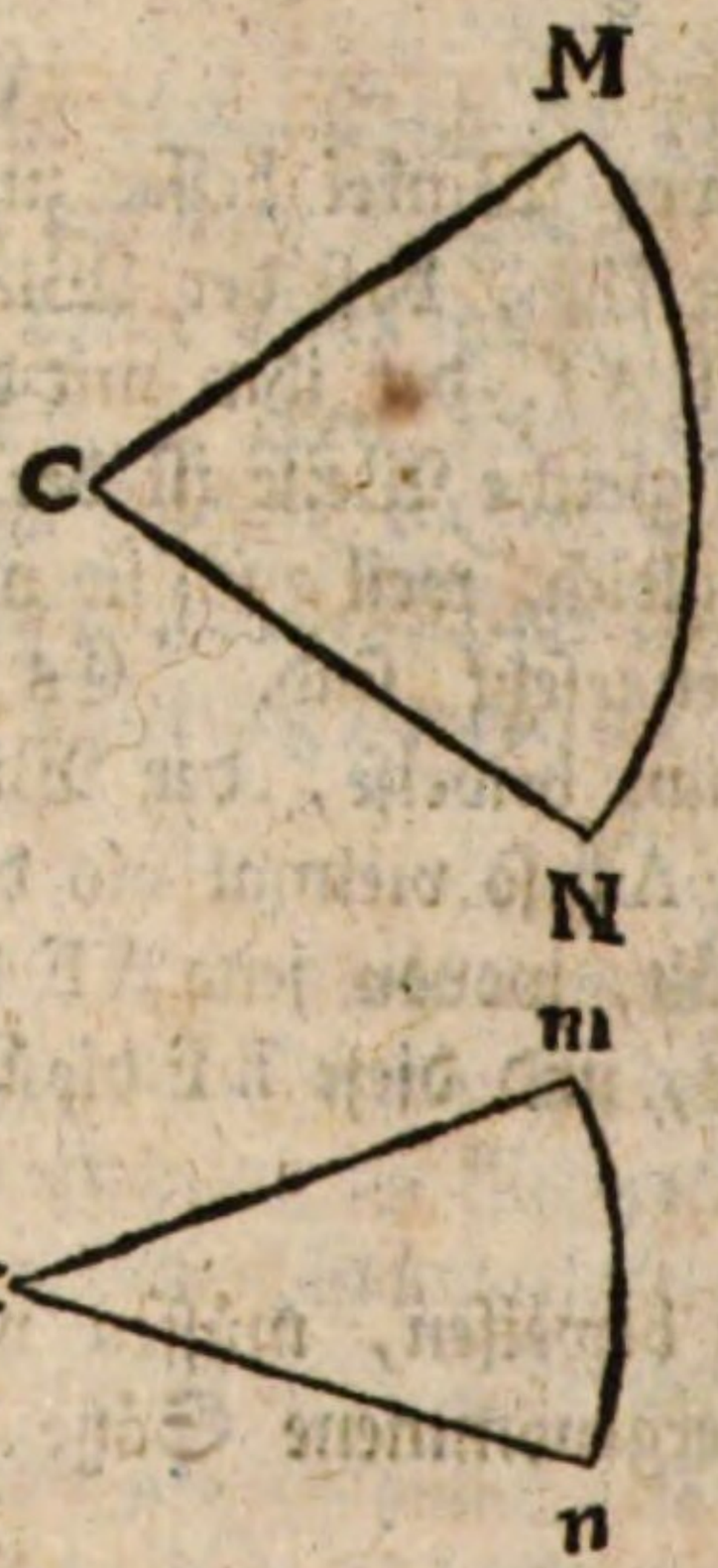


Ausschnitte (Sectoren) zu Hülfe nehmen. Ew. Hoheit werden sich erinnern, daß ein Ausschnitt ein Theil einer Kreisfläche ist, die zwischen zween Halbmessern C M und C N, und einem Bogen oder Theil des Umfanges M N eingeschlossen ist. Und also kommen in einem Ausschnitt drey Dinge zu betrachten vor: 1) der

Halb-

Halbmesser des Kreises CM oder CN; 2) die Größe des Bogens MN; und 3) der Winkel MCN.

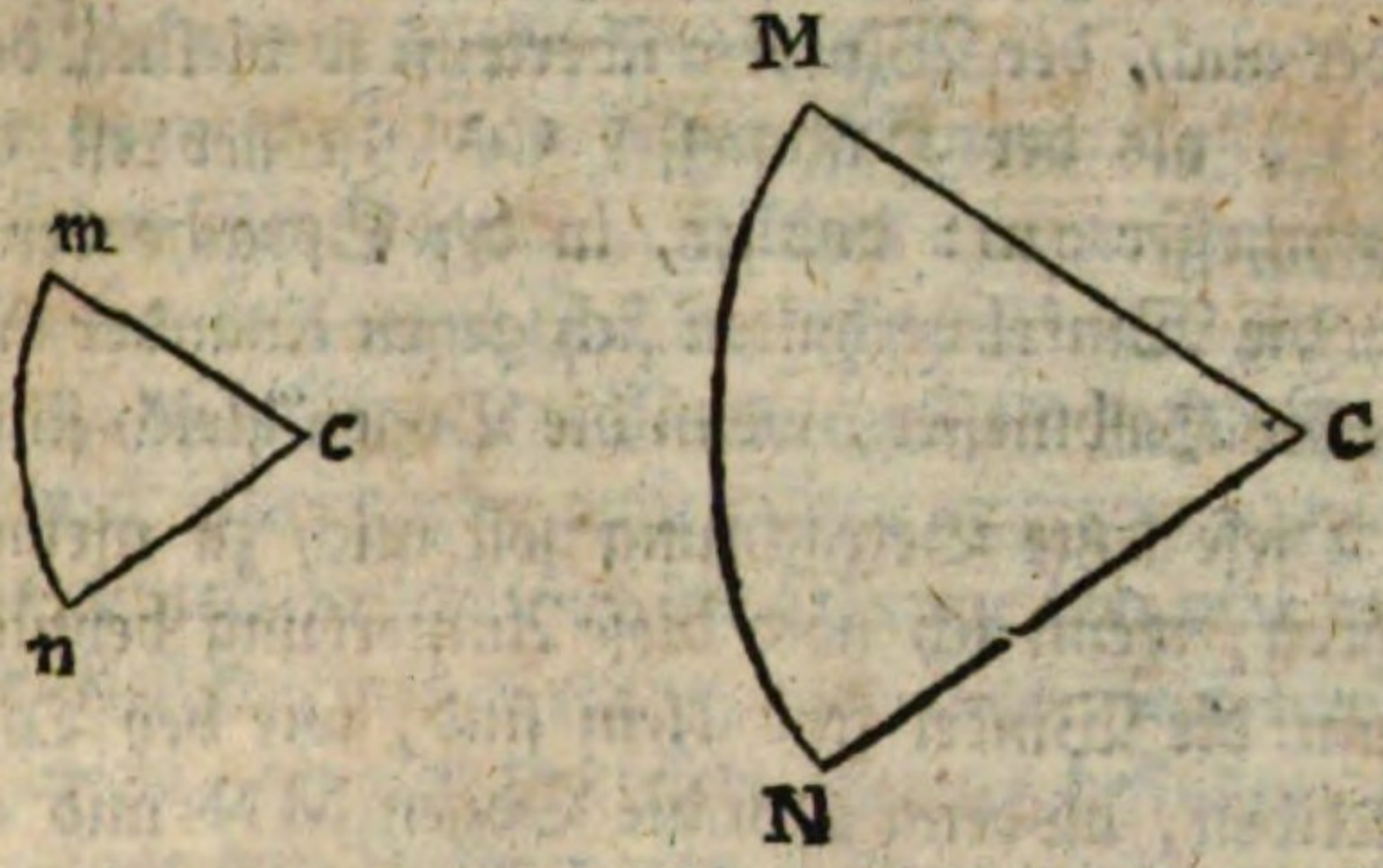
XI. Nunmehr wollen wir zwey Ausschnitte MCN und mcn



betrachten, deren Halbmesser CM und cm einander gleich sind, so ist in den Anfangsgründen der Geometrie bewiesen, daß die Winkel C und c das nemliche Verhältniß gegen einander haben, wie die Bogen MN und mn; oder, der Winkel C enthält so vielmal den Winkel c, als der Bogen MN den Bogen mn enthält; allein anstatt dieser nicht gar bequemen Art sich auszudrücken, sagt man besser: die Winkel C und c verhalten sich gegen einander, wie die Bogen MN und mn, wenn die Halbmesser gleich sind.

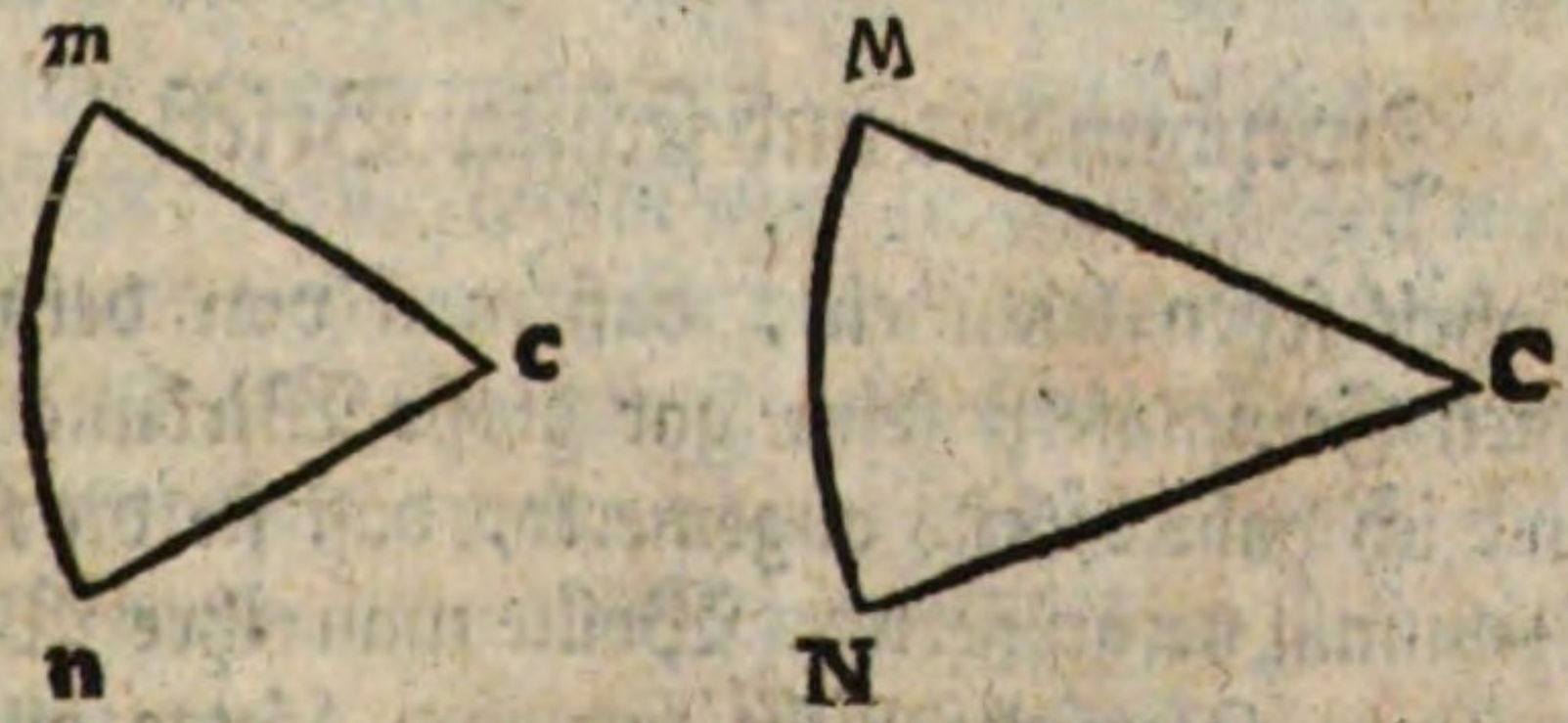
XII. Wir

XII. Wir wollen auch zween Ausschnitte MCN und mcn betrachten, deren Winkel C und c einander gleich sind,



die Halbmesser aber ungleich: so ist in der Geometrie bewiesen, daß der Bogen MN so vielmal größer ist, als der Bogen mn, so vielmal der Halbmesser CM größer ist als cm; oder man sagt auch, die Bogen verhalten sich gegen einander wie die Halbmesser, wenn die Winkel gleich sind. Der Grund hievon ist augenscheinlich, weil jeder Bogen so viel Grade enthält als sein Winkel, und weil jeder Grad eines großen Kreises so vielmal den Grad eines kleinen Kreises übertrifft, als der kleinere Halbmesser von dem größern übertroffen wird.

XIII. Endlich wollen wir auch den Fall betrachten, wo in den beyden Ausschnitten MCN und mcn die Bogen einander gleich sind, nemlich MN = mn, und die Halbmesser CM und cm ungleich.



In diesem Falle ist der Winkel C, der zu dem großen Halbmesser CM gehört, kleiner, und der Winkel c,

der zu dem kleinen Halbmesser cm gehört, größer, und zwar in dem nemlichen Verhältniß als die Halbmesser. Oder auch, der Winkel c übertrifft so vielmal den Winkel C, als der Halbmesser CM größer ist denn der Halbmesser cm: das ist, in der Sprache der Geometer, die Winkel verhalten sich gegen einander umgekehrt wie die Halbmesser, wenn die Bogen gleich sind.

XIV. Diese letzte Betrachtung soll mich zu meinem Ziele führen, wenn ich noch diese Anmerkung beyfüge, daß, wenn die Winkel sehr klein sind, wie bey Taschenperspectiven, alsdenn auch die Bogen MN und mn von ihren Sehnen, oder von den geraden Linien MN und mn nicht merklich verschieden sind.

XV. Nach diesen Anmerkungen wollen wir zu der ersten Figur zurückkehren: die Dreyecke FAf und FBf können als Ausschnitte angesehen werden, worinn der Bogen Ff beyderseits der nemliche ist. Folglich übertrifft der Winkel FBf den Winkel FAf um so vielmal, als die Weite BF von der Weite AF übertroffen wird. Das heißt, das Object Ee wird durch das Fernrohr unter einem Winkel erscheinen, der den Sehewinkel mit bloßen Augen so vielmal übertrifft, als die Brennweite des Objectivs AF die Brennweite des Oculars BF übertrifft.

den 9ten Februar 1762.

Zweyhundert und sechster Brief.

Ew. Hoheit sehen leicht ein, daß man von dergleichen kleinen Ferngläsern keine gar große Wirkung fodern kann, und ich habe bereits angemerkt, daß sie die Objecte nur um zehnmal vergrößern. Wollte man ihre Wirkung weiter treiben, so würde nicht nur ihre Länge allzugroß werden, als daß man sie in der Tasche tragen könnte, sondern sie würden noch andern wesentlichern Mängeln unterwor-

terworfen seyn; und dieses hat die Künstler genöthigt, diese Gattung Ferngläser gänzlich fahren zu lassen, sobald man größere Wirkungen davon verlangt.

Der vornehmste von diesen Mängeln besteht in der Kleinheit des Gesichtsfeldes, welches mich veranlaßt, Ew. Hoheit diesen wichtigen Punkt, der bey allen Fernröhren vorkömmt, zu erklären. Wenn man ein Fernrohr gegen den Himmel oder gegen andere weit entfernte Objecte auf der Erde richtet, so erscheint der Raum, den man entdeckt, unter der Gestalt eines Kreises, und man sieht nur diejenigen Objecte, die sich in diesem Raume befinden, so daß man die Lage des Instruments ändern muß, wenn man andere Objecte sehen will. Dieser kreisförmige Raum, welchen der Beobachter übersieht, wird das Gesichtsfeld (campus apparens), oder schlechtweg das Feld des Instruments genennt; und Ew. Hoheit werden leicht zugeben, daß es ein großer Vortheil ist, wenn dieses Feld sehr groß ist, und daß hingegen ein sehr kleines Feld ein großer Fehler bey dergleichen Instrumenten ist. Wir wollen zwey Fernröhre nehmen, die man gegen den Mond gerichtet hat, und durch deren eins man nur die Hälfte desselben entdeckt, indeß daß man durch das andre ihn ganz mit den nahe liegenden Sternen sieht; das Feld des letztern ist also viel größer als das Feld des erstern. Dieses, daß ein größeres Feld vorstellt, überhebt uns nicht nur der Mühe, die Lage so oft zu verändern, sondern man genießt auch noch den großen Vortheil, der darinn besteht, daß, indem man zu gleicher Zeit viele Theile des Objects sieht, man sie mit einander vergleichen kann.

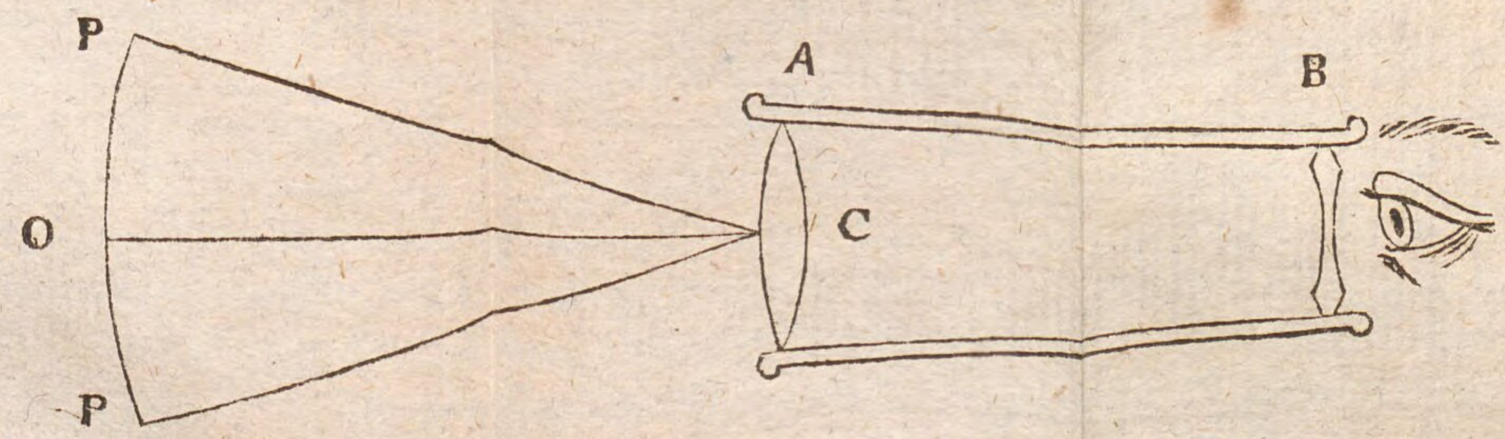
Es ist also eine von den größten Vollkommenheiten eines Fernrohrs, wenn es ein größeres Feld giebt; aus diesem Grunde ist es sehr wichtig, das Feld aller dieser Instrumente zu messen. Zu dem Ende nimmt man die Maaße vom Himmel her, und giebt die Größe des kreisförmigen Raums an, den man durch ein Fernrohr sieht,

indem man den Durchmesser nach Graden und Minuten mißt; also da der scheinbare Durchmesser des Vollmondes ungefähr einen halben Grad beträgt, so sagt man, wenn ein Fernrohr nicht mehr als den Mond vorstellt, der Durchmesser seines Feldes sey ein halber Grad; wenn man auf einmal nur den vierten Theil des Mondes sähe, so würde der Durchmesser des Feldes ein Viertelgrad seyn.

Das Maaß der Winkel giebt uns also das Mittel an die Hand, das Gesichtsfeld zu messen, und die Sache ist überdieß an und für sich klar. Wir wollen in der beygefügten Figur annehmen, man sehe durch das Instrument AB nur den Raum POP, und die Objecte, die darinn enthalten sind. Da dieser Raum ein Kreis ist, so wird die Linie POP sein Durchmesser seyn, dessen Mitte O sich in der Axe des Instruments befindet. Wenn man also von den äußersten Enden P, P die geraden Linien PC, PC zieht, so drückt der Winkel PCP den Durchmesser des Gesichtsfeldes aus, und die Hälfte dieses Winkels OCP wird der halbe Durchmesser des Gesichtsfeldes genannt. Hieraus werden Ew. Hoheit vollkommen begreifen, was man darunter verstehen müsse, wenn man sagt, der Durchmesser des Gesichtsfeldes eines solchen Instruments sey ein Grad, eines andern seiner sey zwey Grad u. s. w. oder auch, wenn man ihn in Minuten anzeigt, 30 Minuten, die einen halben Grad ausmachen, oder 15 Minuten, die einen Viertelsgrad machen.

Allein, um die Güte eines Fernrohrs, in Absicht auf das Gesichtsfeld, richtig zu beurtheilen, muß man zugleich die Vergrößerung des Instruments in Betrachtung ziehen, wobey dieser Grundsatz allgemein statt hat, daß, je mehr ein Fernrohr vergrößert, desto kleiner nothwendig das Gesichtsfeld seyn müsse; das sind Gränzen, die die Natur selbst setzt. Wir wollen uns ein solches Instrument vorstellen, das hundertmal vergrößert; so ist augenscheinlich,

daß


P
A
B
O
C
P

daß der Durchmesser des Feldes nicht zwey Grade halten kann: denn weil dieser Raum uns hundertmal größer erscheinet, so würde er einem Raum von 200 Graden gleich scheinen, und also größer als der Himmel, der doch von einem Ende zum andern nur 180 Grade enthält, und wovon wir auf einmal mehr nicht als höchstens die Hälfte, oder einen kreisförmigen Raum von 90 Graden im Durchmesser, entdecken können. Hieraus sehen Ew. Hoheit, daß ein Teleskop, das hundertmal vergrößert, auch nicht einmal ein Feld von einem Grade richtig vorstellen würde, weil dieser Grad, durch 100 multiplicirt, mehr als 90 Grade betragen würde, und also würde ein solches Fernrohr, das hundertmal vergrößert, schon vortrefflich seyn, wenn der Durchmesser seines Feldes etwas minder als einen Grad betrüge: die Natur des Instruments selbst leidet auch keine größere Wirkung.

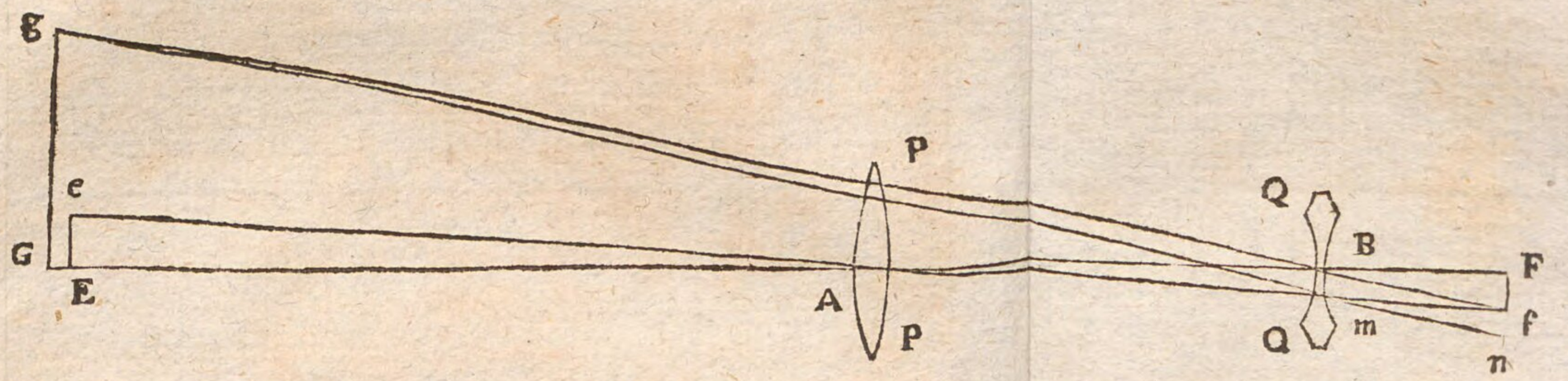
Hingegen ein anderes Fernrohr, das nur zehnmal vergrößert, würde sehr mangelhaft seyn, wenn es kein größer Feld als von 1 Grad im Durchmesser vorstellte; weil dieses Feld durch 10 multiplicirt, nur einem Raume von 10 Grad am Himmel gleich scheinen würde, welches sehr wenig wäre, und unser Gesicht allzusehr einschränken würde: wir würden große Ursache haben, ein solches Instrument völlig zu verwerfen. Es wird also, in Absicht auf das Gesichtsfeld, sehr leicht seyn, die Vortrefflichkeit oder den Mangel dieser Art von Instrumenten zu beurtheilen, wenn man auf ihre Wirkung Acht hat. Also, wenn es nur zehnmal vergrößert, kann man wohl muthmaßen, es entdecke ein Feld von 9 Grad, weil 9 Grad, zehnmal genommen, 90 Grad ausmachen, die unser Gesicht zu fassen im Stande ist, und wenn der Durchmesser des Feldes 5 Grad oder auch kleiner wäre, so würde das immer ein sehr mangelhaftes Instrument seyn. Aber ich werde die Ehre haben, Ew. Hoheit zu beweisen, daß, wenn man Fernröhre, von der Art, die ich erst beschrieben

habe, machen wollte, die mehr als zehnmal vergrößerten, sie diesen Fehler haben würden, und daß ihr Feld, durch die Vergrößerung multiplicirt, weit unter 90 Grad halten, und nicht einmal die Hälfte davon seyn würde. Allein bey geringern Wirkungen ist dieser Fehler nicht so merklich; denn, wenn ein solches Fernrohr nur fünfmal vergrößert, so hält sein Feld im Durchmesser ungefähr 4 Grad, die, fünfmal vergrößert, einem Raum von 20 Grad gleich scheinen, der groß genug ist; wenn man aber 25mal vergrößern wollte, so würde der Durchmesser des Feldes nur ein halber Grad seyn können, der, 25mal genommen, nur $12\frac{1}{2}$ Grad geben würde, welches doch zu wenig wäre. Aus diesem Grunde muß man, wenn man viel vergrößern will, sich anderer Anordnungen der Gläser bedienen, die ich in der Folge zu erklären mir die Freyheit nehmen werde.

den 13ten Februar 1762.

Das Gesichtsfeld hat nicht allein seine Gränzen wegen der Natur des Auges, das noch nicht 90 Grad auf einmal zu fassen im Stande ist, sondern auch wegen der Augengläser selbst. Der Gegenstand kann durch das Fernrohr unter keinem größern Winkel erscheinen, als das letzte Glas dem Auge dahinter an der gehörigen Stelle erscheinen kann. Denn die Stralen, welche von den äußersten Enden des Gegenstandes kommen, müssen auch durch das letzte Glas durchgelassen werden, um den ganzen Gegenstand sichtbar zu machen. Man betrachte die Figur des 20sten Briefes, wo O der Ort des Auges ist. Hier kann der Winkel, unter welchem der Gegenstand durch das Rohr gesehen wird, nicht mehr betragen, als das Doppelte des Winkels B O N, oder doppelt so viel als der Winkel, unter welchem die halbe Breite des Oculars von O aus gesehen wird. Diese halbe Breite kann höchstens $\frac{1}{4}$ der Brennweite seyn. Ist B O die Brennweite selbst

oder


g
e
G
E
P
A
P
Q
B
F
Q
m
f
n

oder beynahe, so ist der Winkel BOM nur etwa 14 Grad, und der Gesichtswinkel durch das Fernrohr hält nur etwa 28 Grad. Dieser Winkel ist so viel größer als der Winkel mit bloßem Auge, so vielmal die Vergrößerung die Einheit enthält, daß man also 28 Grad mit der Vergrößerung dividiren muß, um das Gesichtsfeld zu erhalten. So kann daher bey einer 28fachen Vergrößerung das Gesichtsfeld nicht über 1 Grad seyn.

Dieses bezieht sich auf ein astronomisches Fernrohr mit einem Ocular. Bey andern Einrichtungen der Oculare ist die Berechnung des Gesichtsfeldes nicht so einfach.

Zweyhundert und siebenter Brief.

Da die Beurtheilung nach dem Gesichtsfelde bey der Verfertigung der Fernröhre von der größten Wichtigkeit ist, so will ich sogleich die Anwendung davon auf die kleinen Fernröhre machen, von welchen ich Ew. Hoheit zu unterhalten bereits die Ehre gehabt habe.

In beystehender Figur ist PAP das Objectivglas, QBQ das Augenglas, und die gerade Linie EF die Axe des Fernrohrs, auf welcher sich in einer sehr großen Entfernung das Object Ee befindet, das durch das Instrument unter dem Winkel EAe gesehen wird, der den halben Durchmesser des Gesichtsfeldes vorstellt, weil er sich auf der andern Seite um eben so viel unterwärts erstreckt. Der Punkt E ist also der Mittelpunkt des durch das Fernrohr gesehenen Raums, wovon der Stral EA, weil er die beyden Gläser senkrecht durchfährt, keine Brechung leidet; und folglich muß man, damit dieser Stral ins Auge falle, es irgendwo auf die Axe des Fernrohrs BF, hinter dem Augenglase, stellen, so daß der Mittelpunkt des Augapfels sich in der Linie BF befinde, welches eine allgemeine Regel für alle Fernröhre ist. Nunmehr wollen wir das äußerste sichtbare Ende des Objects e betrachten, dessen

Stralen genau die ganze Oeffnung des Objectivglases PAP anfüllen. Doch es wird genug seyn, wenn wir nur den einen Stral eA betrachten, der durch die Mitte des Objectivglases A geht, weil die andern Stralen ihn umgeben und beynahe nichts weiter thun, als ihn verstärken, so daß, wenn dieser Stral ins Auge fällt, die andern, oder wenigstens ein guter Theil zugleich hinein fallen, und wenn dieser Stral nicht ins Auge fällt, obgleich vielleicht einige von den andern einfallen, sie doch zu schwach sind, um in dem Auge einen hinlänglich lebhaften Eindruck zu erwecken. Und also werden wir diese Regel festsetzen können, daß das äußerste Ende e des Objectes nur in so fern gesehen wird, als der Stral eA, nachdem er durch die beyden Gläser gegangen, ins Auge fällt.

Alles wohl erwogen, muß man also sorgfältig den Weg dieses Strals eA untersuchen. Zum ersten aber leidet dieser Stral, weil er durch die Mitte des Objectivglases A geht, in demselben keine Brechung, zufolge der zu Anfang festgesetzten Regel, daß die Stralen, die durch die Mitte irgend eines Glases gehen, nicht von ihrem Wege abgelenkt werden, oder keine Brechung leiden. Also würde dieser Stral eA, nachdem er durch das Objectivglas gegangen ist, seinen Weg gerade fortsetzen, um sich mit den andern, aus eben demselben Punkt e ausgegangenen Stralen, in dem Punkte f des durch das Objectivglas in Ff vorgestellten Bildes zu vereinigen, weil der Punkt f das Bild des Punktes e des Objectes ist: da aber der Stral in m auf das concave Glas außer dessen Mitte trifft, so wird er von dieser Bahn abgelenkt, und wird, anstatt nach f zu kommen, seinen Weg nach mn nehmen, der von der Axe BF mehr abweicht, so wie es die natürliche Wirkung der concaven Gläser ist, die Stralen immer mehr divergent zu machen. Um diese neue Richtung mn zu kennen, belieben Ew. Hoheit sich zu erinnern, daß das Objectivglas das Object Ee in einer umgekehr-

gekehrten Lage in F f vorstellt, so daß A F der Brennweite dieses Glases gleich ist, welches das Object E e in F f versetzt. Alsdenn vertritt dieses Bild F f die Stelle des Objectes in Ansehung des Augenglases Q B Q, welches seiner Seits dasselbe von neuem nach G g hinübersetzt, dessen Entfernung B G so groß seyn muß, als des Objectes selbst; und zu diesem Ende ist es nothwendig, das Augenglas so zu stellen, daß die Weite B F seiner Brennweite gleich sey.

Die Größe dieser Bilder betreffend, so ist das erste F f durch die gerade Linie e A f bestimmt, die von e durch die Mitte A des ersten Glases gezogen ist; und das zweyte G g durch die gerade Linie f B g, die von dem Punkte f durch die Mitte B des zweyten Glases gezogen ist. Nun weiter, der gegen den Punkt f gerichtete Stral A m wird so gebrochen, daß er nach m n geht: und diese Linie m n rückwärts verlängert geht durch den Punkt g, weil dieser Stral m n in dem Auge die nämliche Wirkung hervorbringt, als wenn er wirklich vom Punkte g käme. Nunmehr da diese Linie m n sich je länger je mehr von der Axe B F entfernt, wo sich der Mittelpunkt des Augensterns befindet, so kann der Stral m n nicht ins Auge kommen, als in so fern die Oeffnung des Sterns sich bis dahin erstreckt; und wenn die Oeffnung des Sterns in nichts verwandelt würde, so würde der Stral m n vom Auge ausgeschlossen seyn, und also würde der Punkt e des Objects von dem Auge nicht gesehen werden können, auch kein anderer Punkt des Objects außer der Axe A E: es würde also das Gesichtsfeld ganz wegfallen, und das Auge würde durch dieses Fernrohr nur den einzigen Punkt E des Objects sehen, welcher sich in seiner Axe befindet. Hieraus ist klar, daß diese Gattung von Fernrohr nur in so fern ein Feld gewährt, als der Stern offen ist, so daß, je grösser oder kleiner die Oeffnung des Sterns ist, desto größer oder kleiner auch der Gesichtskreis seyn wird. In diesem

Falle wird der Punkt e dem Auge annoch sichtbar seyn, wenn der kleine Zwischenraum Bm die halbe Breite des Sterns oder seinen halben Durchmesser nicht übertrifft, so daß der Stral mn hineinkommen kann; aber in diesem Falle muß man auch das Auge dem Augenglase so nahe bringen, als nur möglich ist; denn weil der Stral mn sich von der Axe FB entfernt, so würde er in einer größern Entfernung dem Sterne entwischen.

Nunmehr ist es leicht, das Feld zu bestimmen, das diese Fernröhre uns übersehen lassen: man darf nur auf dem Augenglase die Weite Bm der halben Breite des Sterns gleich nehmen, und durch diesen Punkt m und die Mitte des Objectivglases A die gerade Linie mAe ziehen, so wird alsdenn diese Linie auf dem Object das äußerste Ende anzeigen, welches durch das Fernrohr annoch sichtbar seyn wird, und der Winkel EAe wird den halben Durchmesser des Gesichtsfeldes geben. Hieraus können Ew. Hoheit leicht schließen, daß, sobald die Distanz der Gläser AB größer ist als etliche Zoll, der Winkel BAm sehr klein werden muß, weil die Linie Bm nur ungefähr den zwanzigsten Theil eines Zolles beträgt. Wenn man aber viel vergrößern wollte, so müßte der Abstand der Gläser sehr beträchtlich werden, und daraus würde folgen, daß das Gesichtsfeld sehr klein werden würde. Also setzt die Natur der Augen selbst dieser Gattung von Fernröhren Schranken, und nöthigt uns, bey andern Gattungen Hülfe zu suchen, sobald wir beträchtlichere Wirkungen verlangen.

den 16ten Februar 1762.

Zweyhundert und achter Brief.

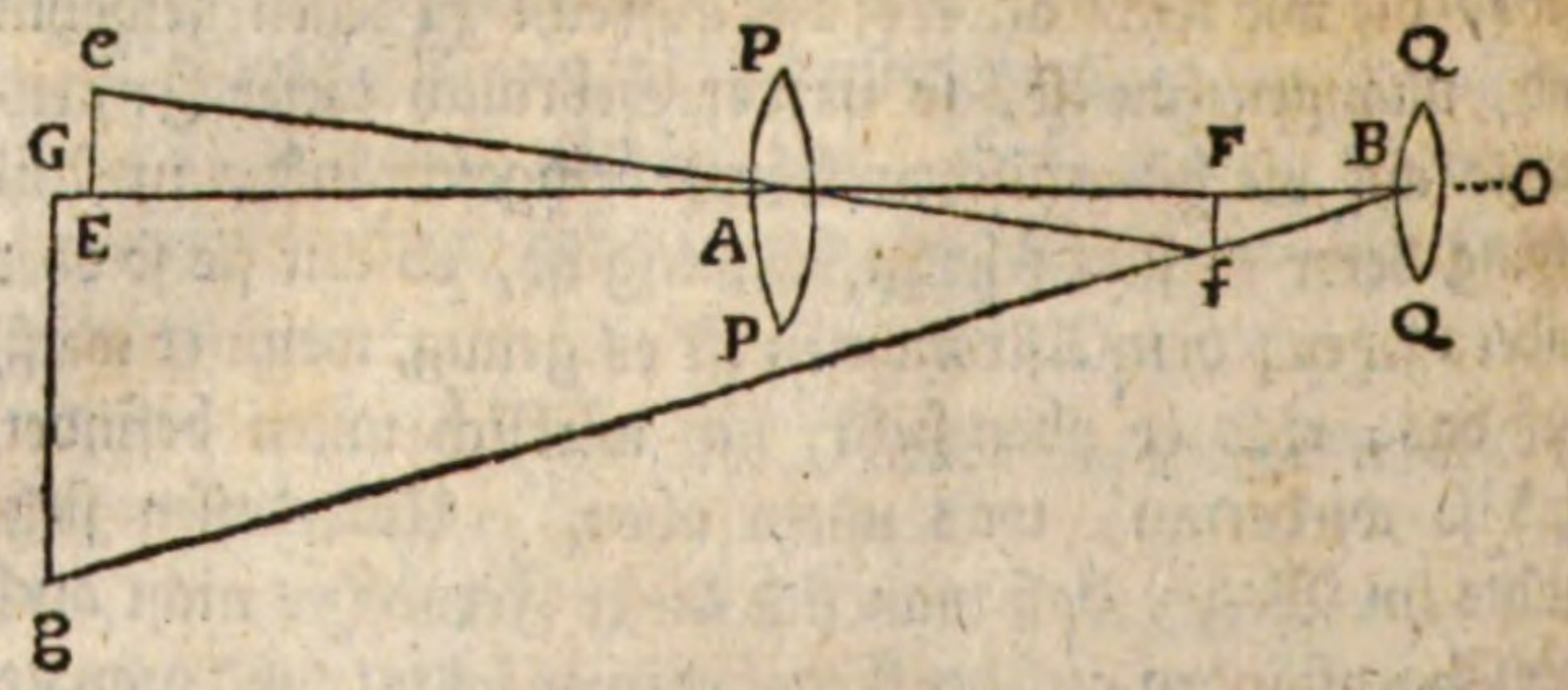
Ich gehe zu der zweyten Gattung von Fernröhren über, die man astronomische nennt, und merke an, daß diese Instrumente, so wie die von der ersten Gattung, nur aus zwey Gläsern zusammengesetzt sind; aber hier bedient man sich statt des concaven Augenglases eines convexen. Ich werde also damit anfangen, daß ich Ew. Hoheit einen Begriff von der Einrichtung dieser astronomischen Fernröhre gebe.

Das Objectivglas PAP in der am Ende dieses Briefs stehenden Figur ist, wie bey den andern, ein convexes Glas, dessen Brennpunkt in F ist; auf die nemliche Axe befestigt man ein kleineres convexes Glas QQ, so daß sein Brennpunkt in den nämlichen Punkt F fällt. Wenn man alsdenn das Auge in O hält, so daß die Distanz BO beynahe der Brennweite des Augenglases QQ gleich ist, so wird man die Objecte deutlich und eben so vielmal vergrößert sehen, als die Brennweite des Objectivglases AF die des Augenglases BF übertrifft; hiebey aber ist zu bemerken, daß alle Objecte in einer umgekehrten Lage erscheinen, so daß, wenn man das Fernrohr gegen Häuser richtet, man die Dächer unten und das Pflaster oben sieht. Da dieser Umstand bey den Gegenständen auf der Erde, die wir nicht anders als aufrecht zu sehen gewohnt sind, unangenehm ist, so ist der Gebrauch dieser Instrumente auf die himmlischen Körper eingeschränkt, in Ansehung derer es uns sehr gleichgültig ist, ob wir sie so oder anders sehen; dem Astronomen ist es genug, wenn er weiß, daß das, was er oben sieht, sich wirklich unten befindet, und so wiederum, was unten oben. Unterdessen steht nichts im Wege, daß man sich dieser Fernröhre nicht auch bey Gegenständen auf der Erde bedienen sollte; und man gewöhnt sich bald daran, die Gegenstände umgekehrt zu sehen, wofern sie nur deutlich und stark vergrößert erscheinen.

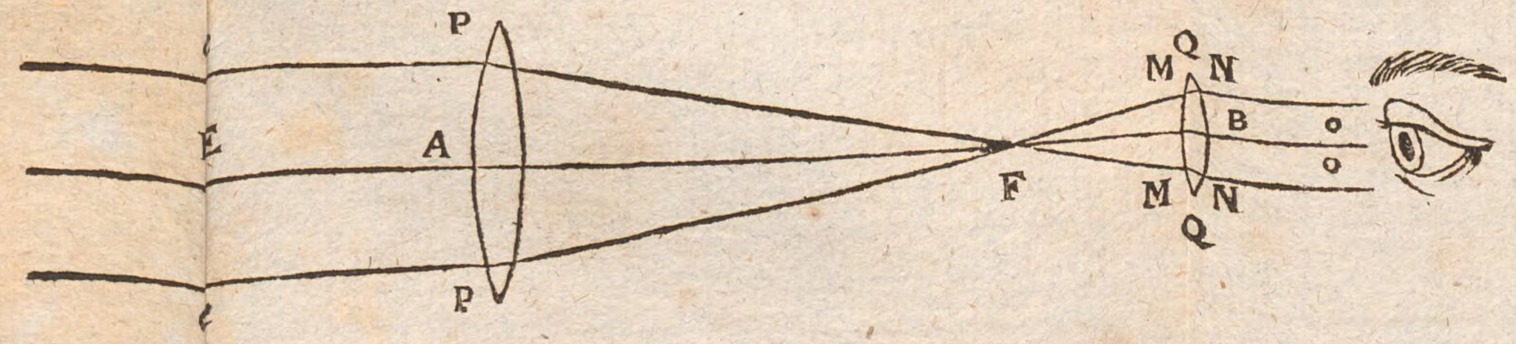
Nach

Nach dieser Beschreibung habe ich dreyerley zu beweisen: erstlich, daß durch diese Anordnung der Gläser die Objecte deutlich erscheinen müssen; zweytens, daß sie eben so vielmal vergrößert erscheinen müssen, als die Brennweite des Objectivglases die des Augenglases übertrifft, und zwar in einer umgekehrten Lage; drittens habe ich zu beweisen, daß man das Auge nicht unmittelbar an das Augenglas halten muß, wie bey der erstern Gattung, sondern daß man es ohngefähr so weit davon zu entfernen hat, als die Brennweite des Augenglases beträgt.

1) Was den ersten Punkt betrifft, so läßt sich derselbe auf die nemliche Art beweisen, wie in dem ersten Falle: die Stralen eP, eP, die, ehe sie auf das Objectivglas fallen, einander parallel sind, vereinigen sich durch die Refraction in dem Brennpunkte dieses Glases in F, und also muß das Augenglas den Parallelismus unter diesen Stralen wieder herstellen, weil zum deutlichen Sehen erfodert wird, daß die aus jedem Punkte ausgegangenen Stralen unter einander beynahe parallel seyn, wenn sie ins Auge eintreten. Nun ist aber das Augenglas, das seinen Brennpunkt in F hat, so gestellt, daß es die Stralen FM, FM durch die Refraction unter einander parallel macht, und folglich wird das Auge die Stralen NO, NO unter einander parallel empfangen.



2) Was den zweyten Punkt anbetrifft, so wollen wir das Object in Ee betrachten, aber so, daß die Entfernung


P
E
A
F
P
Q
M
N
B
o
o
M
N
Q

nung EA beynahe unendlich sey. Das durch das Objectivglas vorgestellte Bild wird also Ff seyn, in der Weite des Brennpunkts F hinter dem Glase, wo es durch die Linie eAf begränzt wird, die durch die Mitte des Glases gezogen ist. Dieses Bild Ff, welches umgekehrt ist, vertritt in Absicht auf das Augenglas die Stelle eines Objects; und da es sich in seinem Brennpunkte befindet, so wird das zweyte Bild von neuem durch die Brechung dieses Glases ins Unendliche entfernt werden, und in Gg fallen, wobey man sich die Entfernung AG, so wie AE, als unendlich vorstellen muß. Um aber die Größe dieses Bildes zu bestimmen, darf man nur durch die Mitte B des Glases, und das äußerste Ende f, die gerade Linie Bfg ziehen. Nunmehr da dieses zweyte Bild Gg der unmittelbare Gegenstand des Sehens für denjenigen ist, der durch das Fernrohr sieht, so ist sogleich klar, daß es umgekehrt erscheint; und weil es unendlich entfernt ist, wird es unter dem Winkel GBg gesehen werden. Aber das Object selbst Ee wird dem bloßen Auge unter dem Winkel EAe erscheinen, wobey Ew. Hoheit, ohne daß ich es bemerke, einsehen, daß es, wegen der unendlichen Entfernung des Objects, gleichgültig ist, ob man es mit A oder B betrachtet, um die Gesichtswinkel EAe und GBg zu haben. Nunmehr sehen Ew. Hoheit hier, wie in dem vorhergehenden Falle, daß die Triangel FAf und FBf als Kreisausschnitte betrachtet werden können, wo die Linie Ff der Bogen des einen wie des andern ist, weil die Winkel selber so klein sind, daß man sich nicht merklich irrt, wenn man die Sehne für die Bogen nimmt. Also, da die Halbmesser dieser zwey Ausschnitte die Linien AF und und BF sind, und die Bogen einander gleich sind, so folgt aus dem, was ich oben sehr weitläuftig bewiesen, daß die Winkel FAf (oder Eae) und FBf (oder GBg) sich wie die Halbmesser BF und AF verhalten. Also ist der Winkel GBg, unter welchem das Object durch das Fernrohr gese-

gesehen wird, eben so vielmal größer als der Winkel E A e, unter welchem man das Object mit bloßem Auge sieht, so vielmal als die Linie A F die Linie B F übertrifft; und dieß ist der Beweis meines zweyten Punktes. Den Beweis des dritten Artikels bin ich genöthigt, bis zum nächsten Posttag auszusetzen.

den 20ten Februar 1762.

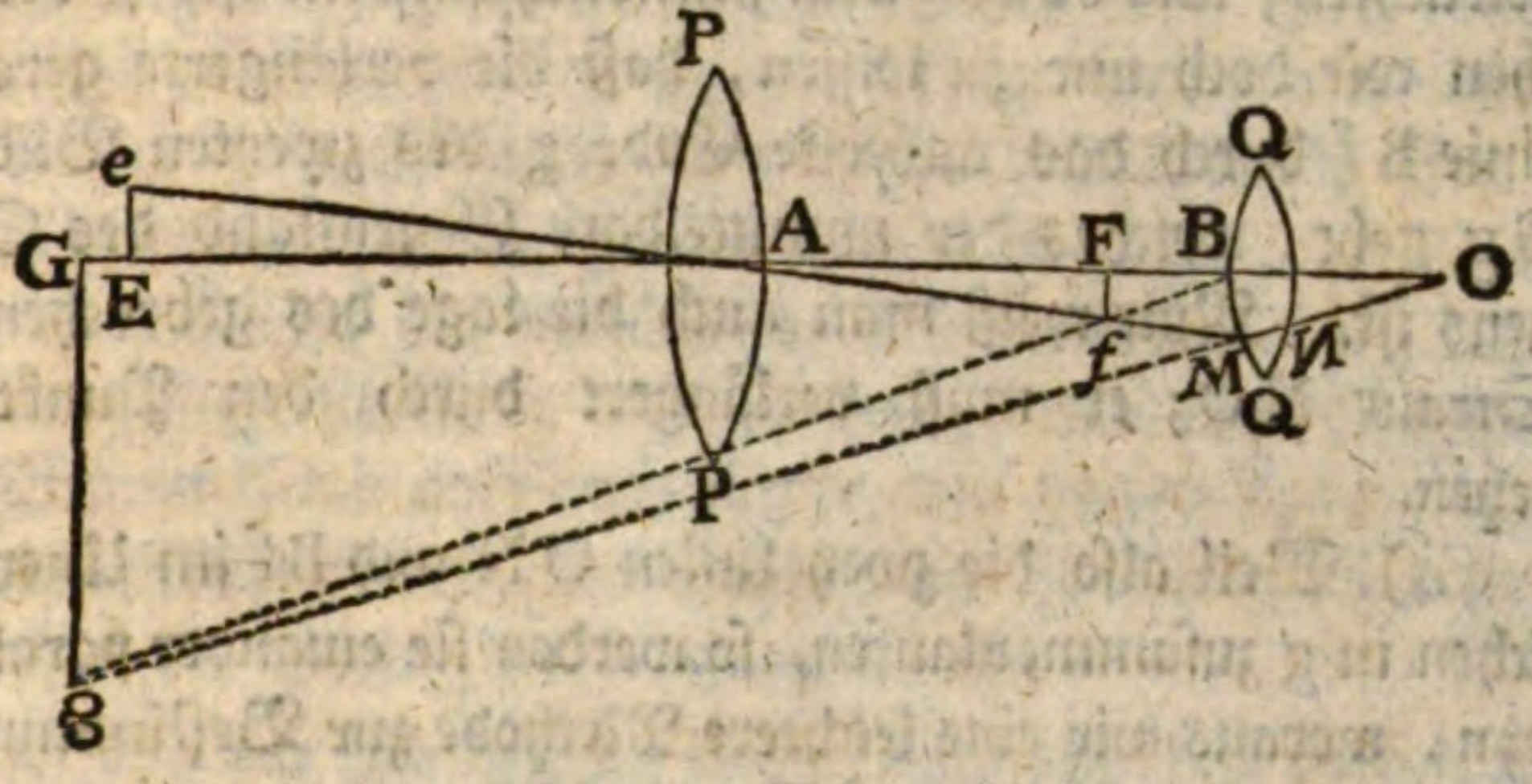
Zweyhundert und neunter Brief.

Meinem Versprechen, in Absicht auf den dritten Punkt die astronomischen Fernröhre betreffend, welcher die Stelle des Auges betrifft, Genüge zu leisten, bemerke ich, daß diese Materie mit dem Gesichtsfelde sehr genau zusammenhängt, und daß eben dieses Feld uns nöthigt, das Auge in der angezeigten Stelle zu halten, so daß, wenn man es näher oder weiter hielte, man kein so großes Feld mehr entdecken würde.

Da die Weite des Feldes ein so wesentlicher und wichtiger Punkt für alle Fernröhre ist, so ist es ebenfalls wichtig, die Stelle des Auges, an welcher es am meisten übersieht, wohl zu bestimmen. Wenn man das Auge unmittelbar an das Augenglas ansetzte, so würde man ohngefähr das nämliche Feld wie bey den kleinen Fernröhren haben, welches unerträglich klein wird, sobald die Vergrößerung beträchtlich ist. Es ist also ein vortheilhafter Umstand bey den astronomischen Fernröhren, daß, wenn man das Auge von dem Augenglase entfernt, das Gesichtsfeld bis auf einen gewissen Punkt zunimmt: und das ist eben der Grund, warum diese Fernröhre sehr starke Vergrößerungen gewähren können, indeß daß die von der erstern Gattung in diesem Betracht sehr eingeschränkt waren. Ich habe schon erwähnt, daß man mit diesen Fernröhren die Vergrößerung bis über das 200fache treibt, welches ihnen vor denen von der erstern Gattung einen sehr großen

Vorzug giebt, als welche kaum im Stande sind, zehnmal zu vergrößern; und die kleine Unbequemlichkeit der umgekehrten Lage muß, in Betracht dieses großen Vortheils, gänzlich verschwinden.

Ich werde demnach trachten, Ew. Hoheit diesen wichtigen Punkt so deutlich, als mir möglich seyn wird, zu erklären, und meine vorhergehende Erläuterungen über das Gesichtsfeld werden mir dabey unfehlbar sehr gute Dienste leisten.



1) Das Object Ee sey unendlich entfernt, und e sey sein durch das Fernrohr noch sichtbares äußerstes Ende; die Gläser des Fernrohrs sind PAP und QBQ auf der gemeinschaftlichen Axe EABO, so kömmt es darauf an, vor andern dem Wege desjenigen Strals nachzugehen, der von dem äußersten Ende des Objects e durch die Mitte A des Objectivglases fährt. Ew. Hoheit werden sich noch erinnern, daß die andern Stralen, die von dem Punkt e auf das Objectivglas fallen, nichts weiter thun, als den gegebenen Stral eA begleiten und verstärken, als welcher in Absicht auf das Sehen der vornehmste ist.

2) Da nun aber dieser Stral eA durch die Mitte des Glases PP geht, so wird er keine Brechung leiden, sondern seinen Weg in gerader Linie AfM fortsetzen, und nachdem er durch das äußerste Ende des Bildes Ff gegangen, das Augenglas in dem Punkt M treffen, wobey

zu bemerken ist, daß, wenn sich die Größe des Augenglases nicht bis in M erstreckte, dieser Stral niemals zum Auge kommen, und der Punkt e unsichtbar seyn würde. Man müßte alsdenn das äußerste Ende e näher bey der Axe nehmen, damit der Stral AfM das Augenglas annoch treffe.

3) Nunmehr wird dieser Stral AM durch das Augenglas auf eine gewisse Weise gebrochen, welche ohne Mühe zu entdecken ist. Wir dürfen nur das zweyte Bild Gg betrachten; und ob es gleich unendlich entfernt ist, so brauchen wir doch nur zu wissen, daß die verlängerte gerade Linie Bf durch das äußerste Ende g des zweyten Bildes Gg geht, welches der unmittelbare Gegenstand des Sehens ist. Nun weiß man auch die Lage des gebrochenen Strals NO; er muß verlängert durch den Punkt g gehen.

4) Weil also die zwey Linien ON und Bf im Unendlichen in g zusammenlaufen, so werden sie einander parallel seyn, woraus wir eine leichtere Methode zur Bestimmung der Lage des gebrochenen Strals NO ziehen; man darf ihn nur mit der Linie Bf parallel ziehen.

5) Hieraus erhellet, daß der Stral NO irgendwo mit der Axe des Fernrohrs in O zusammenläuft; und da gemeiniglich, wenn die Vergrößerung ansehnlich ist, der Punkt F dem Glase QQ viel näher ist als dem Glase PP, so wird der Abstand BM nur sehr wenig größer seyn, als das Bild Ff; und da die Linie NO mit fB parallel ist, so wird die Linie BO beynahe BF, das ist, der Brennweite des Augenglases gleich seyn.

6) Wenn man also das Auge in O hält, so wird es nicht nur die Stralen, die von der Mitte des Objects E kommen, sondern auch die empfangen, die von dem äussersten Ende e kommen, und folglich auch diejenigen, die von allen Punkten des Objects ausgehen: das Auge würde sogar die Stralen BO und NO zugleich empfangen, wenn

 gleich

gleich der Stern unendlich verengert wäre. In diesem Fall also hängt das Gesichtsfeld nicht von der Oeffnung des Sterns ab, wofern nur das Auge in O gehalten wird; aber sobald sich das Auge davon entfernt, so muß es an dem Gesichtsfelde beträchtlich verlieren.

7) Läge der Punkt M nicht an dem äußersten Ende des Augenglases, so würde es Stralen, die von der Axe noch mehr entfernt sind, durchlassen, und also würde das Fernrohr ein noch größeres Feld entdecken. Darum muß man, um das eigentliche Feld, welches man durch das Fernrohr zu übersehen im Stande ist, zu bestimmen, aus der Mitte A des Objectivglases gegen das äußerste Ende des Augenglases M die gerade Linie A M ziehen, die, bis nach dem Object hin verlängert, auf demselben in e das sichtbare äußerste Ende anzeigen wird; und folglich giebt der Winkel E A e oder auch B A M den halben Durchmesser des Gesichtsfeldes, der folglich um so viel größer ist, je größer die Breite des Augenglases ist.

8) So wie also bey der erstern Gattung das Gesichtsfeld einzig und allein von der Oeffnung des Sterns abhieng: so hängt es in diesem Falle einzig von der Oeffnung des Augenglases ab, welches zwischen diesen beyden Gattungen einen sehr wesentlichen Unterschied, zum Vortheil der letztern, ausmacht. Die nemliche Figur, die ich zum Beweise dieses Artikels über die Stelle des Auges und das Gesichtsfeld gebraucht habe, ist auch sehr geschickt, die vorhergehenden Artikel in ein größeres Licht zu setzen.

Wenn Ew. Hoheit zu betrachten belieben, daß das Objectivglas das Object E e in F f versetzt, und daß das Augenglas dasselbe aus F f nach G g bringt: so muß dieses Bild G g, das sehr weit entfernt und der unmittelbare Gegenstand des Sehens ist, deutlich gesehen werden, weil ein gutes Auge zum Deutlichsehen einen großen Abstand erheischt; welches der erste Punkt war.

Den zweyten Punkt betreffend, so fällt gleich in die Augen, daß, weil man statt des wahren Objects E e durch das Fernrohr das Bild G g sieht, dasselbe umgekehrt seyn wird. Hernach wird dieses von dem in O liegenden Auge unter dem Winkel G O g oder B O N gesehen, indeß daß das Object E e selbst dem bloßen Auge unter dem Winkel E A e erscheinen wird; also vergrößert das Fernrohr um so vielmal, als der Winkel B O N größer ist als der Winkel E A e. Weil nun aber die Linie N O mit B f parallel ist, so ist der Winkel B O N gleich dem Winkel F B f, und der Winkel E A e ist gleich seinem an der Spitze entgegengesetzten F A f; daher muß die Vergrößerung nach dem Verhältniß der Winkel F B f und F A f beurtheilt werden, von welchen jener so vielmal größer ist als dieser, so vielmal die Linie A F oder die Brennweite des Objectivglases die Linie B F oder die Brennweite des Augenglases übertrifft. Und dieses ist ein sattsamer Beweis, daß die Anfangssätze der Geometrie zu Untersuchungen von einer ganz verschiedenen Natur gebraucht werden können, welches Ew. Hoheit mit vielem Vergnügen erkennen werden.

den 23ten Februar 1762.

Zweyhundert und zehnter Brief.

Nunmehr werden Ew. Hoheit leicht beurtheilen können, nicht nur wie viel ein gegebenes Fernrohr vergrößere, sondern auch, wie man Fernröhre verfertigen müsse, die so vielmal, als man will, vergrößern. In dem ersten Falle darf man nur die Brennweiten sowohl des Objectiv- als des Augenglases messen, um zu sehen, wie vielmal jene diese übertrifft, welches durch die Division geschieht, und der Quotient wird die Vergrößerung anzeigen.

Also, wenn man ein Fernrohr hat, dessen Objectiv eine Brennweite von zwey Fuß, und das Augenglas eine von 1 Zoll hat, so muß man berechnen, wie vielmal ein

Zoll

Zoll in zwey Fuß enthalten sey. Hier muß man wissen, daß ein Fuß 12 Zoll hat, und daß also zwey Fuß 24 Zoll machen, die man durch einen Zoll dividiren muß. Man mag aber, welche Zahl man wolle, durch 1 dividiren, so ist der Quotient immer der Zahl selbst gleich; oder auch, wenn man fragt, wie vielmal 1 Zoll in 24 Zoll enthalten sey, so antwortet man ohne Bedenken, 24mal, folglich vergrößert das Fernrohr, von dem die Rede ist, 24mal, das ist, es stellt uns die entfernten Gegenstände auf eben die Weise vor, als wenn sie 24mal größer wären, als sie sind, oder auch, man wird sie durch das Fernrohr unter einem 24mal größern Winkel sehen, als mit bloßem Auge.

Wir wollen ein anderes astronomisches Fernrohr nehmen, worinn die Brennweite des Objectivglases 32 Fuß und die des Augenglases 3 Zoll groß ist, so werden Ew. Hoheit sehen, daß diese zwey Gläser um 32 Fuß und 3 Zoll von einander entfernt seyn müssen, weil in allen astronomischen Fernröhren der Abstand der Gläser der Summe beyder Brennweiten der Gläser gleich ist, wie solches aus meinem vorhergehenden Briefe erhellet.

Um nun zu finden, wie vielmal dieses Fernrohr vergrößere, muß man 32 Fuß durch 3 Zoll dividiren, und zu diesem Ende diese 32 Fuß in Zoll verwandeln, indem man sie durch 12 multipliciret.

32 Fuß
12

64
32

welches 384 Zoll geben wird; hernach wird man diese 384 Zoll durch 3 dividiren,

3) 384

128

so zeigt der Quotient 128 an, daß das gegebene Fernrohr 128mal vergrößert, welches unstreitig eine sehr beträchtliche Vergrößerung ist.

Um also ein Fernrohr zu verfertigen, das so oder so vielmal, z. Ex. 100mal vergrößere, muß man zwey convexe Gläser nehmen, wovon des einen Brennweite hundertmal größer sey als des andern: so wird alsdenn jenes das Objectiv- und dieses das Augenglas abgeben. Nachgehends muß man diese zwey Gläser auf die nemliche Axe stellen, so daß ihr Abstand der Summe beyder Brennweiten gleich sey; oder auch, man befestigt sie in einer Röhre von dieser Länge, so wird alsdenn das Auge, wenn es hinter dem Augenglas in der Entfernung seines Brennpunkts ist, die Objecte 100mal größer sehen.

Man wird dieser Bedingung auf unendlich verschiedene Arten Genüge leisten können, indem man ein Augenglas nach Belieben nimmt, und es mit einem Objectivglas vereiniget, dessen Brennweite 100mal größer ist. Also, wenn man das Augenglas von 1 Zoll Brennweite nimmt, so muß das Objectivglas von 100 Zoll Brennweite, und der Abstand der Gläser 101 Zoll seyn. Wenn man das Augenglas von 2 Zoll Brennweite nimmt, so muß das Objectivglas seinen Brennpunkt auf 200 Zoll weit haben, und die Distanz zwischen den Gläsern wird 202 Zoll seyn. Wenn man das Augenglas von 3 Zoll Brennweite nähme, so wird die Brennweite des Objectivglases 300 Zoll, und der Abstand der Gläser 303 Zoll seyn müssen. Auf gleiche Weise, wenn man das Augenglas von 4 Zoll Brennweite nehmen wollte, so müßte das Objectivglas eine Brennweite von 400 Zoll haben, und der Abstand der Gläser würde 404 Zoll seyn, u. s. w. je länger das Fernrohr ist. Wenn man im Gegentheil dem Augenglase nur einen halben Zoll Brennweite gäbe, so würde das Objectivglas 100 halbe Zoll, d. i. 50 Zoll,

zur

zur Brennweite haben müssen, und die Entfernung der Gläser würde nur 50 und ein halber Zoll seyn, welches etwas über 4 Fuß ausmacht. Und wenn man das Augenglas von einem Viertelzoll nähme, so würde das Objectivglas nur 100 Viertelzoll oder 25 Zoll haben, und die Weite zwischen den beyden Gläsern würde 25 und ein Viertelzoll, d. i. etwas weniges über zwey Fuß ausmachen.

Dieß sind also viele Arten, die nemliche Vergrößerung von 100mal hervorzubringen, und wenn wir die Freyheit zu wählen hätten, so würden Ew. Hoheit gewiß ohne Anstand der leztern als der kürzesten den Vorzug geben, wobey das Fernrohr nur etwa 2 Fuß lang wird, und unstreitig viel leichter zu regieren ist, als ein weit längeres.

Auch würde niemand anstehen, den kürzesten Fernröhren den Vorzug zu geben, wenn alle andere Umstände die nemlichen wären, und wenn alle diese verschiedenen Gattungen die Gegenstände in dem gleichen Grade von Vollkommenheit vorstellten. Allein obgleich alle diese eine gleiche Vergrößerung hervorbringen, so ist doch die Vorstellung selbst nicht gleich deutlich und helle; das letzte von 2 Fuß vergrößert zwar hundertmal, wie die andern; allein, wenn man durch ein solches Fernrohr sieht, so werden die Objecte nicht nur dunkel, sondern auch schlecht begränzt und undeutlich erscheinen, welches unstreitig ein sehr großer Fehler ist.

Das vorletzte Fernrohr, dessen Objectivglas 50 Zoll Brennweite hat, ist diesen Fehlern weniger unterworfen, aber dennoch ist die Dunkelheit und Undeutlichkeit noch unausstehlich: diese Fehler aber vermindern sich in dem Maaße, wie man sich größerer Objectivgläser bedient; und sie werden schon weit geringer seyn, wenn man ein Objectivglas von 300 Zoll, mit einem Augenglase von 3 Zoll Brennweite gebraucht. Vergrößert man diese Maaße noch mehr, so wird die Vorstellung noch deutli-

cher und heller, so daß in diesem Betracht die langen Fernröhre den kurzen vorzuziehen sind, ob sie gleich auf der andern Seite minder bequem sind.

Dieser Umstand eröffnet mir eine neue Bahn, auf welcher ich die Ehre haben werde, Ew. Hoheit noch zwey in der Lehre von den Fernröhren sehr wichtige Artikel zu erklären: der eine betrifft die Helligkeit oder den Grad von Licht, in welchem die Gegenstände gesehen werden, und der andere die Deutlichkeit der Abbildung, womit die Gegenstände dargestellt werden. Ohne diese zwey wichtige Eigenschaften bringt uns alle Vergrößerung, sie sey auch noch so groß, nicht den geringsten Vortheil bey der Betrachtung der Objecte.

den 27ten Februar 1762.

Zweyhundert und eilfter Brief.

Um den Grad von Helligkeit zu beurtheilen, mit welchem die Fernröhre uns die Objecte vorstellen, werde ich mich der nemlichen Grundsätze bedienen, die ich Ew. Hoheit zu erklären die Ehre hatte, als ich eben die Materie in Absicht auf die Mikroskope abhandelte.

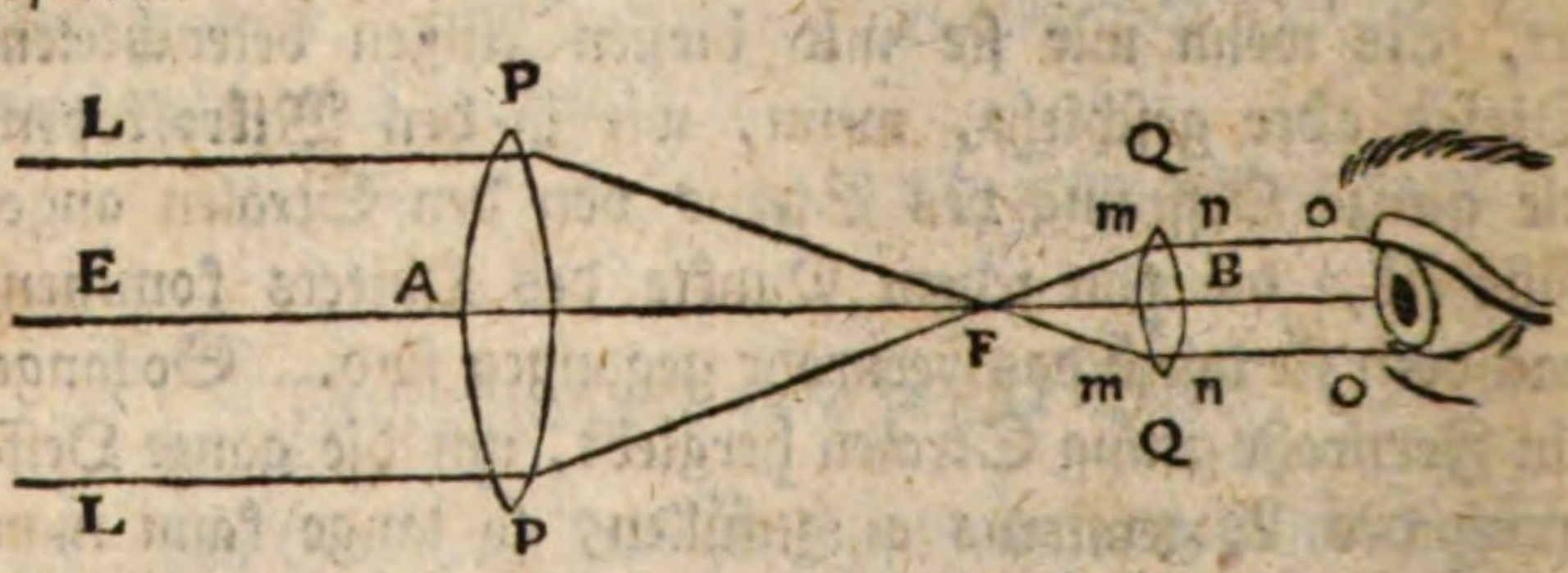
Ich muß aber zuvor anmerken, daß es bey dieser Untersuchung nicht um denjenigen Grad von Licht zu thun ist, der den Gegenständen selbst eigen ist, und der sehr verschieden seyn kann, sowohl in verschiedenen Körpern, die ihrer Natur nach mehr oder minder helle sind, als in einem und demselben Körper, unter verschiedenen Umständen. Die nemlichen Körper, wenn sie von der Sonne erleuchtet werden, haben unstreitig mehr Licht, als wenn der Himmel bedeckt ist, und bey Nacht ist ihr Licht gänzlich erloschen; aber auch verschiedene durch das nemliche Licht erleuchtete Körper können an Helligkeit sehr verschieden seyn, je nach dem ihre Farben mehr oder minder lebhaft

haft sind. Hier ist die Rede nicht von demjenigen Lichte oder von derjenigen Helligkeit, die sich an den Objecten selbst befindet; sondern wie stark oder geringe diese auch seyn mag, so sagt man von einem Fernrohr, daß es die Gegenstände in voller Klarheit vorstelle, wenn wir sie durch das Fernrohr so helle sehen, als mit bloßem Gesicht, so daß, wenn das Object an sich selbst dunkel ist, man nicht fodern kann, daß das Fernrohr uns sie glänzend mache.

Also in Absicht auf die Helligkeit ist ein Fernrohr vollkommen, wenn es uns die Objecte eben so helle vorstellet, als wenn wir sie mit bloßen Augen betrachteten. Dieses aber geschieht, wenn, wie in den Mikroskopen, die ganze Oeffnung des Sterns von den Stralen angefüllt ist, die von jedem Punkte des Objects kommen, nachdem sie durch das Fernrohr gegangen sind. So lange ein Fernrohr genug Stralen hergiebt, um die ganze Oeffnung des Augensterns auszufüllen, so lange kann man nicht mehrere Helligkeit verlangen; und wenn gleich das Fernrohr noch eine größere Menge derselben hergäbe, so würde es unnütze seyn, weil darum doch nicht mehrere ins Auge kommen könnten.

Man hat also hier vornehmlich auf die Oeffnung des Sterns zu sehen; da aber diese veränderlich ist, so kann hierüber nichts festgesetzet werden, wenn man nicht wenigstens eine gewisse Oeffnung annimmt; man kann sich indessen begnügen, wenn der Stern, in seiner größten Verengerung, mit Stralen angefüllt ist: und aus diesem Grunde pflegt man den Durchmesser des Sterns eine Linie groß anzunehmen, deren 12 einen Zoll ausmachen; oft begnügt man sich sogar mit der Hälfte, indem man dem Sterne nur die Hälfte einer Linie und bisweilen noch weniger giebt.

Wenn Ew. Hoheit erwägen, daß das Sonnenlicht das Licht des Mondes, das doch ziemlich beträchtlich ist, 300tausendmal übertrifft, so werden Sie leicht schließen, daß eine kleine Verringerung der Helligkeit, bey der Betrachtung der Objecte, von keiner Wichtigkeit ist. Aus allem diesem folgt, daß man nur nöthig hat, die Menge der Stralen zu messen, die das Fernrohr ins Auge bringt, um sie mit dem Sterne zu vergleichen; wobey es genug seyn wird, die Stralen, die von einem einzigen Punkte des Objects kommen, zu betrachten, demjenigen zum Exempel, der sich in der Axe des Fernrohrs befindet.



I. Da das Object sehr weit entfernt ist, so sind die Stralen, die davon auf die Oberfläche des Objectivglases PAP fallen, einander parallel; also werden alle Stralen, die von dem Mittelpunkte des Objects kommen, zwischen den mit der Axe EA parallelen Linien LP, LP enthalten seyn; sie bilden am Objectivglase einen Cylinder, dessen Dicke der Weite oder der Oeffnung des Glases gleich ist, deren Durchmesser PAP ist.

II. Dieser Stralencylinder verwandelt sich durch die Brechung in dem Objectivglase in einen Stralenkegel, oder die zugespitzte Figur PFP, und nachdem die Stralen sich in dem Brennpunkte F gekreuzet, bilden sie einen neuen Kegel mFm, der sich an dem Augenglase endigt, wo, wie es in die Augen fällt, die Grundfläche dieses Kegels mm so vielmal kleiner ist, als die Breite

des Cylinders PP, so vielmal die Weite FB kürzer ist, als die Weite AF.

III. Nunmehr werden diese Stralen Fm, Fm, indem sie durch das Augenglas QBQ gehen, von neuem einander parallel, und bilden den Stralencylinder no, no, der in das Auge kömmt, und daselbst das Bild des Punktes vom Object abmalet, von welchem die Stralen ursprünglich ausgegangen sind.

IV. Alles kömmt nunmehr auf die Dicke dieses Stralencylinders no, no an, der in das Auge fällt; ist diese Dicke nn oder oo so groß oder größer als die Oeffnung des Sterns, so wird der Stern davon angefüllt, und das Auge wird alle mögliche Klarheit genießen, oder auch, das Object wird eben so helle erscheinen, als wenn man es, ohne andre Hülfe, nur mit den bloßen Augen betrachtete.

V. Wäre aber die Dicke dieses Cylinders nn oder oo viel kleiner als der Stern, so erhellt, daß die Vorstellung um so viel dunkler werden müsse, welches ein großer Fehler des Fernrohrs seyn würde. Dieses zu vermeiden, muß die Dicke dieses Cylinders nicht kleiner seyn, als die Hälfte einer Linie, und es würde gut seyn, wenn sie eine ganze Linie groß wäre, weil dieses die gewöhnliche Oeffnung des Sterns ist.

VI. Es ist aber klar, daß die Dicke dieses Cylinders mit der Dicke des erstern in einem gewissen Verhältniß steht, welches nicht schwer zu bestimmen ist: man darf nur sehen, wie vielmal die Breite nn oder mm kleiner ist als die Breite PP, die Oeffnung des Objectivglases. Es hat aber die Breite PP zu mm dasselbe Verhältniß, als die Entfernung AF zu BF, wovon die Vergrößerung abhängt; und also zeigt uns die Vergrößerung selbst, wie vielmal der Cylinder LPLP

breiter sey, als der Cylinder n o no, der ins Auge kömmt.

VII. Da nun die Breite n n oder o o eine Linie oder wenigstens eine halbe Linie seyn muß, so muß die Oeffnung des Objectivglases P P wenigstens so viel halbe Linien enthalten, als die Vergrößerung anzeigt; also wenn das Fernrohr hundertmal vergrößern soll, so muß die Oeffnung seines Objectivglases 100 halbe Linien oder 50 Linien im Durchmesser haben, die 4 Zoll und 2 Linien ausmachen (den Zoll zu 12 Linien gerechnet).

VIII. Hieraus sehen Ew. Hoheit, daß, um die Dunkelheit zu verhüten, die Oeffnung des Objectivglases von einer gewissen Größe seyn muß, die desto beträchtlicher ist, je stärker die Vergrößerung ist; und folglich wird das Fernrohr in Absicht auf die Helligkeit immer mangelhaft seyn, wofern das Objectivglas, das man gebrauchen will, einer so großen Oeffnung nicht fähig ist, als die Vergrößerung sie fodert.

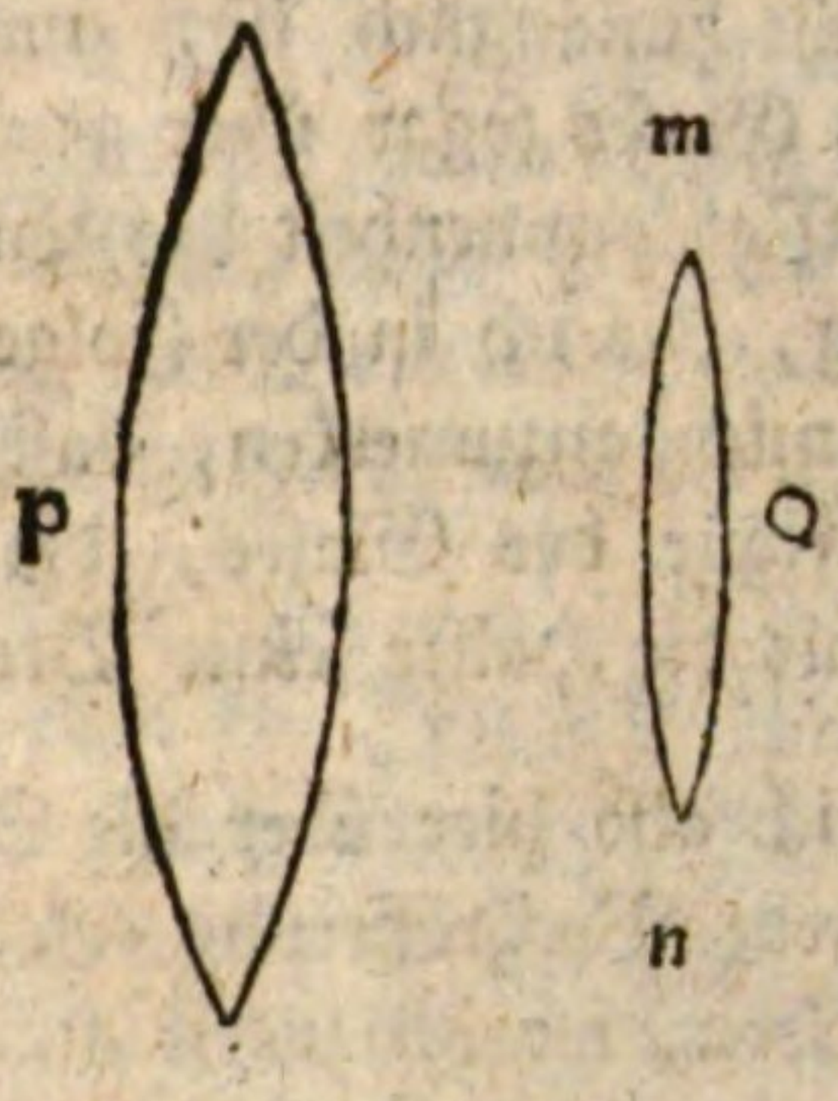
Nunmehr ist ganz klar, daß man zu ansehnlichen Vergrößerungen keine kleinen Objectivgläser, das ist, solche, deren Brennweite allzuklein ist, gebrauchen kann; weil ein nach Bogen von kleinen Zirkeln gebildetes Glas keine große Oeffnung haben kann.

den 1sten März 1762.

Zwey-

Zweyhundert und zwölfter Brief.

Ew. Hoheit haben so eben gesehen, daß die Vergrößerung die Größe oder Breite des Objectivglases bestimmet, damit die Objecte mit einem hinlänglichen Grade von Helligkeit erscheinen. Diese Bestimmung betrifft zwar nur die Größe oder Oeffnung des Objectivglases, indessen hat sie auch auf seine Brennweite Einfluß, so daß, je größer das Glas seyn soll, desto größer auch seine Brennweite seyn muß.



Der Grund hievon ist leicht einzusehen, weil, wenn man ein Glas machen will, dessen Brennweite z. E. zwey Zoll ist, seine zwey Flächen Zirkelbogen seyn müssen, deren Halbmesser auch ohngefähr zwey Zoll ist; ich habe also hier zwey solche Gläser P und Q vorgestellt, wo die Bogen mit einem Halbmesser von zwey Zoll beschrieben sind. Das Glas P, so wie es dicker ist, ist auch viel größer als das andre Q; allein ich werde in der Folge zeigen, daß bey dem Gebrauch der dicken Gläser solche widrige Umstände sich einfinden, daß man sich ihrer gänzlich begeben muß. Das Glas Q wird also zum Gebrauche tüchtiger seyn, weil es aus kleinern Bogen desselben Zirkels besteht; und da seine Brennweite zwey Zoll ist, so kann seine

Weite

Weite oder Oeffnung m n kaum über einen Zoll seyn. Hieraus kann man diese Generalregel festsetzen, daß immer die Brennweite eines Glases mehr als zweymal gröſser seyn muß, als der Durchmesser seiner Breite m n, oder auch, die Oeffnung eines Glases muß nothwendig kleiner seyn als die Hälfte seiner Brennweite.

Da wir also angemerkt haben, daß, um hundertmal zu vergrößern, die Oeffnung des Objectivglases über 4 Zoll seyn muß, so folgt hieraus, daß die Brennweite über 8 Zoll seyn muß; und ich werde bald zeigen, daß das Doppelte nicht hinlänglich ist, und daß man die Brennweite dieses Glases sogar über 300 Zoll groß nehmen muß. Die Vollkommenheit des Bildes fodert diese große Verstärkung, wie ich in der Folge erklären werde; hier begnüge ich mich anzumerken, daß, in Absicht auf die geometrische Figur des Glases, die Oeffnung nicht größer seyn kann als die Hälfte seiner Brennweite.

Ich werde mich also hier über die Oeffnung des Objectivglases, die jede Vergrößerung erfodert, ein wenig umständlicher erklären, wo ich zuerst anmerke, daß, obgleich zu einer hinlänglichen Helligkeit eine Oeffnung von 4 Zoll erfodert wird, wenn das Fernrohr hundertmal vergrößern soll, man sich bey astronomischen Fernröhren dennoch mit einer von 3 Zoll begnüget, weil dadurch die Verminderung der Helligkeit nur wenig merklich wird; daher haben die Künstler diese Regel festgesetzt, daß, um hundertmal zu vergrößern, die Oeffnung des Objectivglases 3 Zoll seyn müsse, und für andre Vergrößerungen nach Proportion. Also, um funfzigmal zu vergrößern, ist es hinlänglich, wenn die Oeffnung des Objectivglases anderthalb Zoll ist; um fünfundzwanzigmal zu vergrößern, reichen drey Viertelzoll zu, und so mit den andern Vergrößerungen.

Hier-

Hieraus sieht man, daß zu kleinen Vergrößerungen eine sehr kleine Oeffnung des Objectivglases zureichend ist, und daß folglich die Brennweite sehr mittelmäßig seyn kann. Aber wenn man zweyhundertmal vergrößern will, so muß die Oeffnung des Objectivglases 6 Zoll oder von einem halben Fuß seyn, welches schon ein sehr großes Glas erfodert, dessen Brennweite sogar über 100 Fuß seyn muß, wenn man ein reines und scharf ausgedrucktes Bild haben will: dieß ist der Grund, warum die starken Vergrößerungen so beträchtliche lange Ferngläser erfodern, wenigstens nach der gewöhnlichen Anordnung der Gläser, die ich die Ehre habe Ew. Hoheit zu erklären. Denn seit einiger Zeit hat man mit gutem Erfolg an der Verringerung dieser übermäßigen Länge gearbeitet. Allemal aber muß die Oeffnung des Objectivglases der Regel folgen, die ich so eben festgesetzt habe, weil die Helligkeit nothwendig hievon abhängt.

Also, wenn man ein Fernglas machen wollte, das 400mal vergrößert, so würde die Oeffnung des Objectivglases immer 12 Zoll oder ein Fuß seyn müssen, wie klein man auch seine Brennweite machen könnte; und wenn man 4000mal vergrößern wollte, so würde die Oeffnung des Objectivglases 10 Fuß seyn müssen. Das würde also wohl ein großes, ja ein allzugroßes Glas seyn, als daß es unsre Künstler verfertigen könnten; und dieß ist der Hauptgrund, warum wir nicht hoffen können, die Vergrößerung jemals so weit zu bringen, wofern nicht irgend ein großer Fürst die zur Ausarbeitung so großer Gläser erforderlichen Kosten hergeben wollte; und vielleicht würde es alsdenn doch nicht gelingen.

Unterdessen müßte uns ein Fernrohr, das 4000mal vergrößerte, viele Wunder am Himmel entdecken: der Mond würde uns 4000mal größer scheinen, als wir ihn mit bloßen Augen sehen; oder auch, wir würden den

Mond

Mond eben so sehen, als ob er uns 4000mal näher wäre, als er wirklich ist. Wir wollen also sehen, bis auf welchen Grad wir die verschiedenen Körper, die sich darauf befinden, unterscheiden könnten. Man schätzt den Abstand des Mondes auf 52000 deutsche Meilen, wovon der viertausendste Theil 13 Meilen macht, und also würde uns ein solches Fernrohr den Mond auf die nämliche Art zeigen, als wenn wir nur 13 Meilen davon entfernt wären, und folglich würden wir die nemlichen Dinge darauf unterscheiden können, die wir auf Gegenständen unterscheiden, die eben so weit entfernt sind; nun aber kann man auf einem Berge gar wohl andre Berge sehen, die über 13 Meilen entfernt sind. Es ist also nicht zu zweifeln, daß wir auf der Oberfläche des Mondes eine Menge Sachen entdecken würden, über die wir uns sehr verwundern würden; aber um zu entscheiden, ob der Mond von Geschöpfen bewohnt sey, die denen auf der Erde ähnlich sind, dazu ist eine Entfernung von 13 Meilen noch allzugroß; zu diesem Ende würde man ein Fernrohr nöthig haben, das noch zehnmal mehr und folglich 40000mal vergrößerte, dessen Objectivglas eine Oeffnung von 100 Fuß haben müßte, welches keine menschliche Geschicklichkeit jemals zu Stande bringen wird. Aber durch ein solches Fernrohr würden wir den Mond eben so sehen, als ob er nicht weiter von uns entfernt wäre, als Berlin von Spandau ist, und gute Augen würden gar wohl Menschen darauf sehen können, wenn es welche darauf gäbe, aber dennoch allzuwenig deutlich, um völlig gewiß davon zu seyn.

Da wir uns in diesem Punkt mit Wünschen begnügen müssen, so wollte ich mir lieber auf einmal ein Fernrohr wünschen, daß hunderttausendmal vergrößerte; alsdenn würde sich der Mond zeigen, als ob er nur eine halbe Meile von uns entfernt wäre. Die Oeffnung des Objectivglases dieses Fernrohres würde also 250 Fuß seyn müssen,

müssen, und wenigstens die großen Thiere im Mond würden uns sichtbar werden.

den 6ten März 1762.

Ein Fernrohr, das hundertmal vergrößert, erfodert ein Objectiv von wenigstens 25 Fuß Brennweite, das dabey ohne Fehler seyn muß; soll es 200mal vergrößern, so muß die Brennweite schon 100 Fuß groß werden. Nach dieser Progression müßte ein Objectiv zu einer 4000-fachen Vergrößerung eine Brennweite von 40000 Fuß, fast zwey Meilen, haben. Wo sollten die Schalen, es zu schleifen, herkommen? Ferner, durch jedes einfache Objectiv werden eine Menge farbichter Bilder hervorgebracht, wovon die äußersten um den 28sten Theil der Brennweite von einander abstehen (217ter Brief). Wie wäre es möglich, durch irgend ein Ocular Bilder, die vielleicht 1400 Fuß weit von einander abstehen, ohne die äußerste Undeutlichkeit zu betrachten? Wenn man aber alles dieses beyseite setzt, und das Objectiv als fertig und vollkommen, und von einer mäßigen Brennweite annimmt, so würde man doch nur ein höchst kleines, den bloßen Augen unmerkliches Stückchen von dem Monde dadurch entdecken. Wäre das Ocular einfach, so würde das Gesichtsfeld schwerlich der viertausendste Theil von 28 Grad, oder 25 Secunden seyn. Man würde also, wenn man das Fernrohr nach dem Monde richtete, nicht wissen, was man sähe, weil man das beobachtete Stück nicht mit den benachbarten vergleichen könnte. Dieses Stück würde auf dem Monde im Durchmesser nur $6\frac{3}{10}$ Meilen halten, wenn wir die Entfernung des Mondes auf 52000 deutsche Meilen setzen. Ein solches Stück würden wir in einer Entfernung von 13 Meilen auch unter einem Winkel von etwa 28 Grad sehen, wie durch das Fernrohr. Aber ohne allen Zweifel müßte die unmittelbare Beschauung in dieser Entfernung uns ganz andere Vorstel-

lungen

lungen davon erwecken, als die wir durch das als möglich angenommene Fernrohr uns davon erwerben würden. Es ist gewiß nicht gleichgültig, ob wir dem Monde wirklich viertausendmal näher kommen, oder ob wir nur den Winkel, unter welchem ein kleines Stück desselben erscheint, viertausendmal vergrößern. Wie ganz anders verhält sich in beyden Fällen die Erleuchtung? Wie viel würde in dem ersten Falle die Vergleichung mit dem ganzen Körper des Mondes helfen?

Ich würde vielleicht alles dieses nicht erwähnt haben, weil Herr Euler ohne Zweifel dieses nur als eine Phantasie hingesetzt hat, wenn es nicht unmathematische Leser im Ernste aufnehmen könnten, und wenn man nicht zweytens das Gesagte auch auf die wirklich verfertigten großen Objective anwenden könnte, die nicht zu so großen Entdeckungen am Himmel verholfen haben, als man von ihrer Vergrößerung wohl hätte erwarten können.

Zweyhundert und dreyzehnter Brief.

Die Deutlichkeit der Vorstellung ist unter den Eigenschaften eines Fernrohrs ein so wichtiges Stück, daß es vor allen andern den Vorzug zu haben scheint, von denen ich bereits die Ehre gehabt, Ew. Hoheit zu unterhalten, weil jedermann gesteht, daß ein Fernrohr, das die Bilder der Objecte nicht deutlich vorstellt, sehr mangelhaft sey. Ich will daher vornehmlich die Quellen dieses Mangels der Deutlichkeit erklären, damit wir nachgehends mit so viel besserm Erfolg auf die Mittel, ihnen abzuhelfen, denken können.

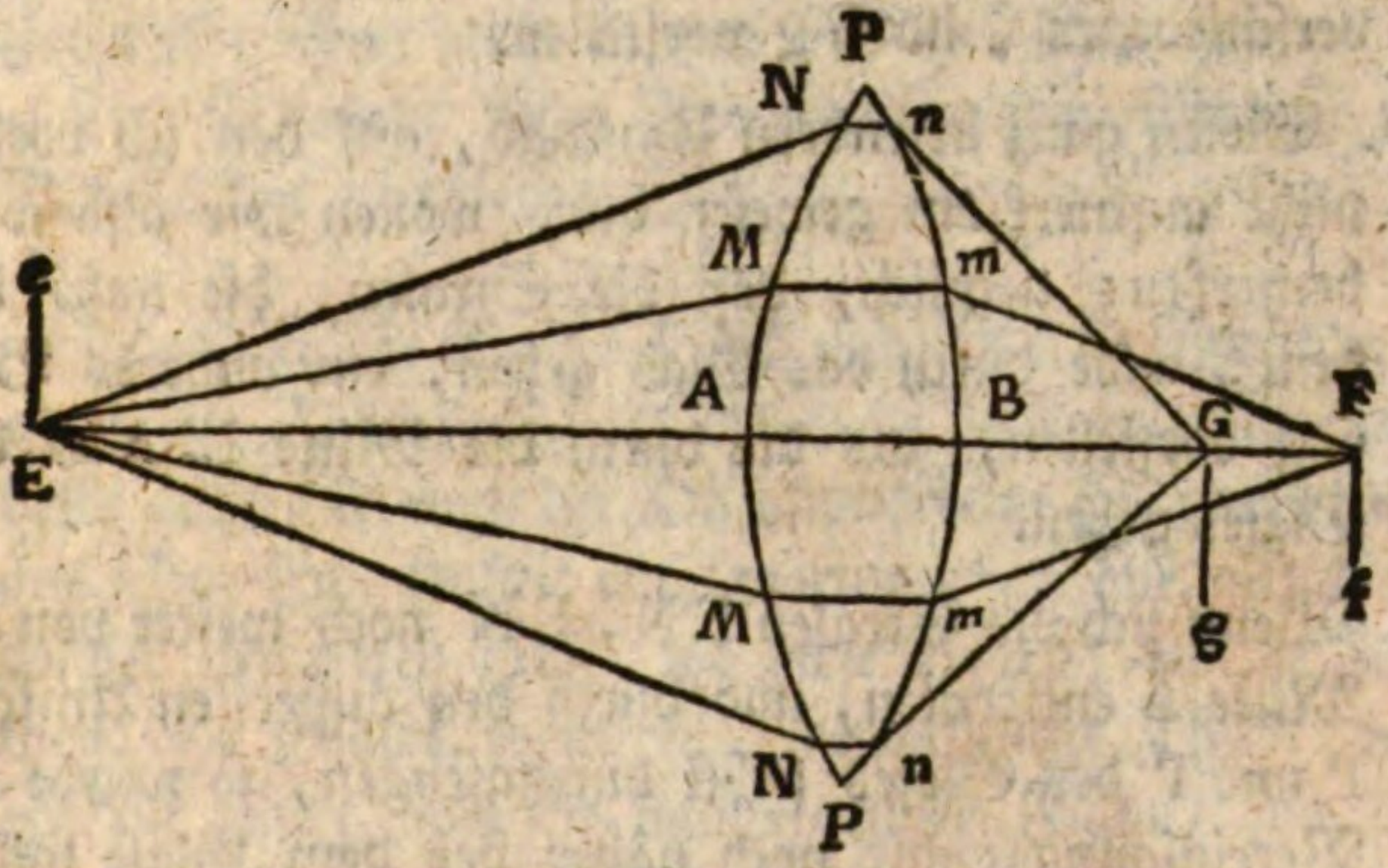
Diese Quellen scheinen um so viel verborgener, weil die Grundsätze, die ich bisher festgesetzt habe, uns nicht auf ihren Ursprung leiten; es kömmt dieser Fehler aber daher, daß einer von den Grundsätzen, deren ich mich

bisher

bisher bedient habe, im strengsten Sinne nicht wahr ist, ob er gleich nur sehr wenig von der Wahrheit abweicht.

Ew. Hoheit erinnern sich, daß ich angenommen habe, ein converes Glas vereinige in einem Punkte des Bildes alle die Stralen, die von einem Punkte des Objects ausgehen; wenn dieß im strengsten Sinne wahr wäre, so würden die durch die Gläser vorgestellten Bilder eben so scharf begränzt seyn als das Object selbst, und man würde von dieser Seite keinen Mangel zu besorgen haben.

Was nun diesen Grundsatz mangelhaft macht, ist Folgendes: die Gläser haben diese Eigenschaft, die ich ihnen beygelegt habe, nur um ihre Mitte; die Stralen, die an dem Rande durch das Glas gehen, vereinigen sich in einem andern Punkte, als diejenigen, die um die Mitte des Glases durchgehen, obgleich alle von dem nemlichen Punkte des Objects kommen: und daher entstehen zwey verschiedene Bilder, die die Deutlichkeit stören.



Um dieses in sein volles Licht zu setzen, wollen wir das convexe Glas P P betrachten, auf dessen Axe sich das Object E e befindet, dessen Punkt E, der in der Axe liegt, die Stralen E N, E M, E A, E M, E N auf die Oberfläche des Glases wirft; und eben auf den Weg dieser

durch die Brechung veränderten Stralen müssen wir unsre Aufmerksamkeit richten.

I. Zu allererst leidet der Stral E A, der durch die Mitte A des Glases geht, keine Brechung, und setzt seinen Weg, nach der nemlichen Richtung, auf der Linie A B F fort.

II. Die diesem sehr nahe liegenden Stralen A M und A M werden eine kleine Brechung leiden, durch welche sie sich irgendwo in F mit der Axe vereinigen, wo die Stelle des Bildes F f ist, wovon ich in meinen erstern Briefen über diese Materie geredet hatte.

III. Die Stralen E N und E N, die von der Axe E A weiter entfernt sind, und nach dem Rande des Glases N N hin durchgehen, leiden eine in etwas verschiedene Brechung, die sie nicht in dem Punkt F, sondern in einem andern dem Glase nähern Punkte G vereiniget, und diese Stralen werden ein anderes von dem erstern F f verschiedenes Bild G g vorstellen.

IV. Diesen ganz besondern Umstand, auf den ich vorher nicht aufmerksam gewesen bin, wollen wir also wohl bemerken; nemlich, daß die Stralen, die nahe bey dem Rande durch das Glas gehen, ein anderes Bild G g vorstellen, als die durch die Mitte M A M des Glases gehen.

V. Wenn sich die Stralen E N, E N noch weiter von der Mitte A entfernten, und durch den äußersten Umfang P und P des Glases selbst durchgiengen, so würde ihr Vereinigungspunkt noch näher bey dem Glase fallen, und ein neues dem Glase noch näheres Bild, als G g ist, formiren.

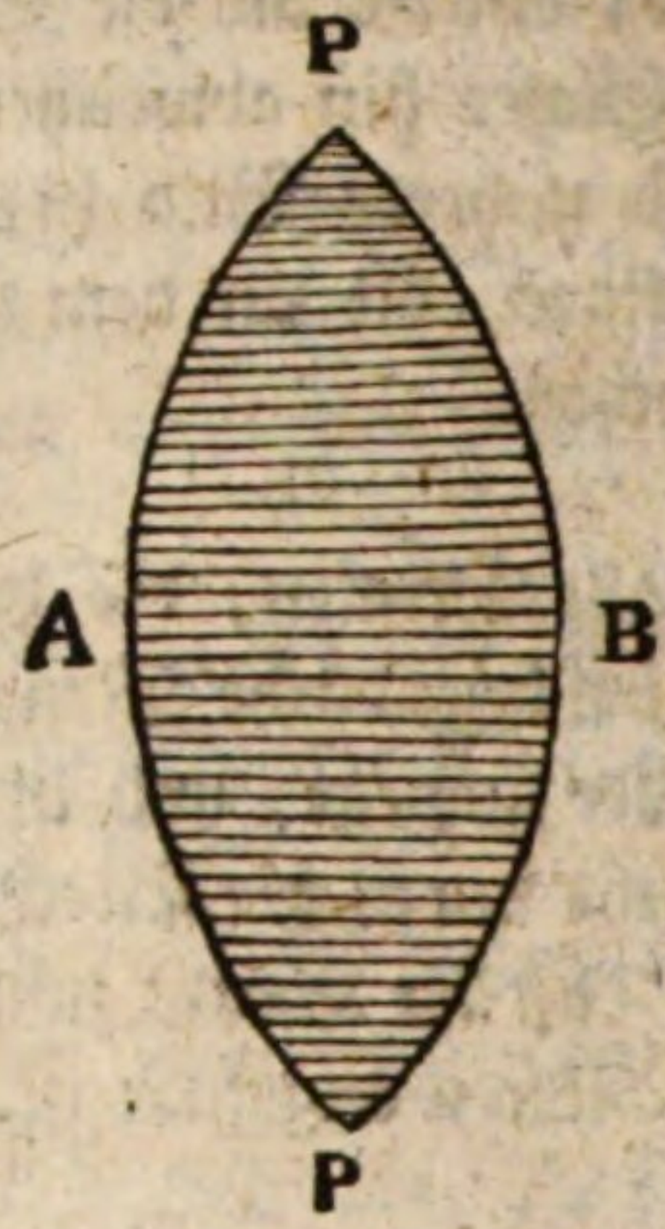
VI. Hieraus werden Ew. Hoheit leicht schließen, daß das erste Bild F f, welches man das Hauptbild nennet, nur aus den Stralen entsteht, die der Mitte A fast unendlich

endlich nahe sind, und sobald die Stralen davon nach dem Rande des Glases hin abweichen, dadurch ein eigenes dem Glase näheres Bild hervorgebracht werde, bis endlich diejenigen, die an dem Rande durchgehen, das letzte G g machen.

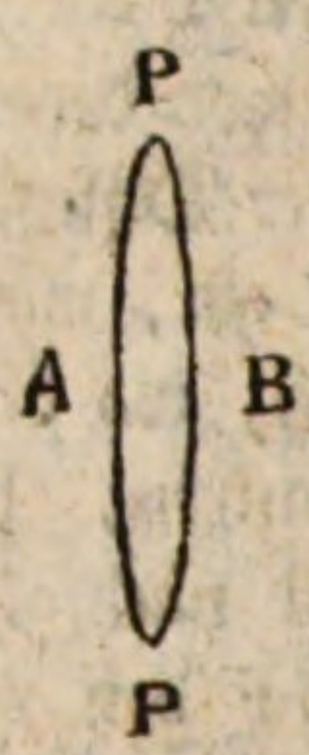
VII. Also bringen alle Stralen, die durch das Glas P P gehen, wirklich eine unendliche Menge zwischen F f und G g liegende Bilder zuwege, und in jeder Entfernung von der Axe entsteht durch die Brechung im Glase ein eigenes Bild, so daß der Raum zwischen F und G mit einer Reihe von Bildern angefüllt ist.

VIII. Diese Reihe Bilder wird auch die Duffusion des Bildes genennt; und wenn alle diese Stralen nachgehends in ein Auge dringen, so ist natürlich, daß die Empfindung davon desto undeutlicher wird, je beträchtlicher der Raum F G ist, durch welchen das Bild zerstreut ist: wenn dieser Raum F G in nichts verwandelt wäre, so würde keine Verwirrung oder Mangel an Deutlichkeit zu besorgen seyn.

IX. Je größer die Bogen P A P und P B P in Verhältniß gegen die Zirkel sind, von denen sie genommen worden, desto größer ist auch der Diffusionsraum F G; und hieraus sehen Ew. Hoheit ein, warum man alle allzudicke Gläser verwerfen muß, wo diese Bogen, die die Flächen des Glases formiren, beträchtliche Theile von Zirkeln sind; wie in nachfolgender Figur, wo die Bogen P A P und P B P den vierten Theil des ganzen Umkreises ausmachen, so daß jeder 90 Grade enthält, welches folglich eine unausstehliche Verwirrung hervorbringen würde.



X. Die Bogen, nach welchen die Flächen eines Glases gebildet sind, müssen daher weit weniger als 90 Grade enthalten, auch weniger als 60, denn auch da würde die Diffusion des Bildes noch unausstehlich seyn. Die Schriftsteller, die über diese Materie geschrieben haben, wollen höchstens nur 30 Grad gestatten: und es giebt einige derselben, die sich auf 20 Grade einschränken. Ein solches Glas ist in der folgenden Figur vorgestellt,



wo die Bogen P A P und P B P nur 20 Grad enthalten, da jeder nur der achtzehnte Theil des ganzen Umkreises ist, davon sie genommen sind.

XI. Aber

XI. Aber wenn dies Glas zum Objectivglase in einem Fernrohre dienen soll, so müssen die Bogen PAP und PBP noch weit weniger Grade enthalten. Denn obgleich die Zerstreuung des Bildes an sich unmerklich ist, so vermehrt doch die Vergrößerung dieselbe eben so vielmal als das Object selbst. Und also, je stärker die Vergrößerung ist, desto geringer muß die Anzahl von Graden seyn, die die Flächen enthalten.

XII. Wenn das Fernrohr hundertmal vergrößern soll, so erinnern Ew. Hoheit sich, daß die Oeffnung PP des Objectivglases 3 Zoll seyn muß, und seine Brennweite 360 Zoll, welche dem Halbmesser gleich ist, womit die zwey Bogen PAP und PBP beschrieben sind; woraus folgt, daß jeder von diesen zween Bogen nur einen halben Grad enthält. Die Deutlichkeit ist es, warum ein so kleines Maaß erfodert wird; wenn man zweyhundertmal vergrößern wollte, so würde ein halber Grad noch zu viel seyn, und alsdenn müßte der Bogen nicht über einen Drittelgrad groß seyn. Unterdessen muß dieser Bogen eine Oeffnung von 6 Zoll bekommen; also muß der Halbmesser des Zirkels um so viel größer seyn, und folglich auch die Brennweite. Dieß ist der wahre Grund, warum die starken Vergrößerungen so beträchtlich lange Fernröhre erfodern.

den 9ten März 1762.

Zweyhundert und vierzehnter Brief.

Wenn der Diffusionsraum eines Objectivglases zu groß ist, als daß der Fehler in der Deutlichkeit des Bildes, der daher entsteht, erträglich wäre, so ist nichts leichter, als diesem Fehler abzuhelfen; man darf nur das Glas mit einer Scheibe von Pappendeckel bedecken, die in der Mitte ein Loch hat, so daß das Glas keine andere Stra-

len durchlassen kann, als die durch das Loch fallen, und daß diejenigen, die vorher bey dem Rande des Glases durchgiengen, davon ausgeschlossen seyn; denn weil jetzt nur die Stralen um die Mitte des Glases durchgelassen werden, so wird der Diffusionsraum um so viel kleiner seyn, je kleiner das Loch ist; und durch dieses Mittel, daß man das Loch verkleinert, kann man den Diffusionsraum so klein machen, als man will.

Alsdenn ist es eben so viel, als ob das Glas nicht größer wäre als das Loch; also wird der durch den Pappendeckel bedeckte Theil unnütz, und die Oeffnung des Glases wird durch dieses Loch angegeben: darum bedient man sich dieses Hülfsmittels, um den Objectivgläsern so viel Oeffnung zu geben, als man dienlich findet.

In der beygefügten Figur ist PP das Objectivglas, vor welchem die Pappe NN hingestellt ist, in der das Loch MM ist, und nun sagt man, dieses Loch MM sey die Oeffnung des Glases. Die Oeffnung MM ist ohngefähr die Hälfte von dem, was sie seyn würde, wenn man den Pappendeckel wegnähme, und also ist der Diffusionsraum viel kleiner; man sieht, daß er in diesem Falle nur den vierten Theil so groß ist, als er vorhin war; und ein kleineres Loch MM, welches nur das Drittel von PP wäre, würde den Diffusionsraum neunmal kleiner machen; also

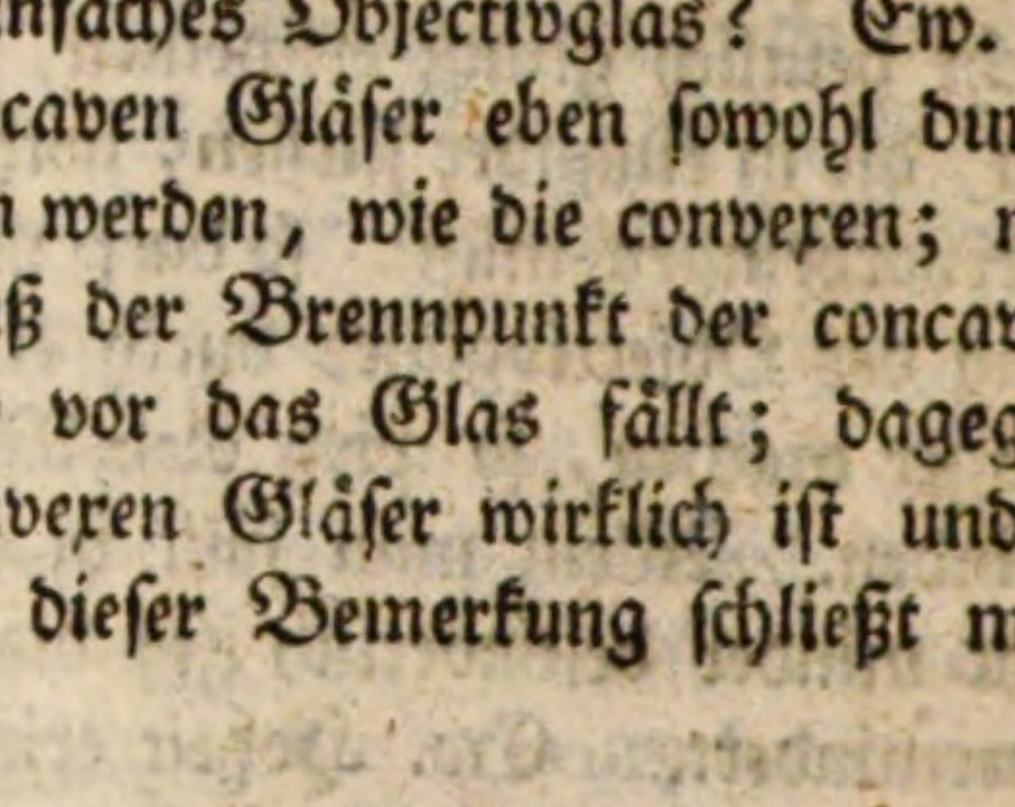
ist die Wirkung dieses Hülfsmittels sehr beträchtlich, und wenn man den Rand eines Glases auch nur ein wenig bedeckt, so wird die Wirkung davon dennoch sehr merklich.

Wenn also ein Fernrohr den Fehler hat, daß die Objecte nicht deutlich genug erscheinen, weil eine Reihe von Bildern, die in einander fließen, nothwendig eine Verwirrung hervorbringen muß: so darf man alsdenn nur die Oeffnung des Objectivglases durch einen solchen Pappendeckel enger machen, so wird diese Verwirrung unfehlbar verschwinden. Allein man fällt in einen andern Fehler, der nicht minder beschwerlich ist; die Helligkeit wird dadurch vermindert. Ew. Hoheit erinnern sich, daß jede Vergrößerung eine gewisse Oeffnung des Objectivglases erfodert, damit so viel Stralen durchgehen als nöthig sind, um eine hinlängliche Helligkeit zu verschaffen; es ist daher sehr verdrießlich, daß, indem man dem einen Fehler abhilft, man sich einem andern blos giebt; und es ist doch schlechterdings nöthig, daß ein gutes Fernrohr genugsame Helligkeit verschaffe, ohne der Deutlichkeit in der Vorstellung der Objecte zu schaden.

Aber sollte es denn kein Mittel geben, den Diffusionsraum der Objectivgläser zu verringern, oder gar zu zernichten, ohne ihre Oeffnung zu verringern? Dieß ist die große Frage, an der man seit einiger Zeit arbeitet, und deren Auflösung uns die größten Erweiterungen in der Dioptrik verspricht. Ich werde daher die Ehre haben, Ew. Hoheit die Mittel zu erklären, die die Gelehrten ausgedacht haben, um zu diesem Zwecke zu gelangen.

Da der Brennpunkt der Stralen, die durch die Mitte eines converen Glases gehen, weiter von dem Glase entfernt ist, als der Brennpunkt der Stralen, die bey dem Rande durchgehen, so hat man bemerkt, daß die concaven Gläser eine entgegengesetzte Wirkung hervorbringen; und dieses hat zu folgender Untersuchung Anlaß gegeben,

ob es nicht möglich wäre, ein convexes Glas mit einem concaven so zusammenzusetzen, daß der Diffusionsraum gänzlich zernichtet würde? und daß im übrigen ein solch zusammengesetztes Glas die gleiche Wirkung hervorbrächte, wie ein gemeines einfaches Objectivglas? Ew. Hoheit wissen, daß die concaven Gläser eben sowohl durch ihre Brennweite gemessen werden, wie die convexen; mit diesem Unterschied, daß der Brennpunkt der concaven nur eingebildet ist, und vor das Glas fällt; dagegen der Brennpunkt der convexen Gläser wirklich ist und hinter ihnen liegt. Nach dieser Bemerkung schließt man folgendermaßen.

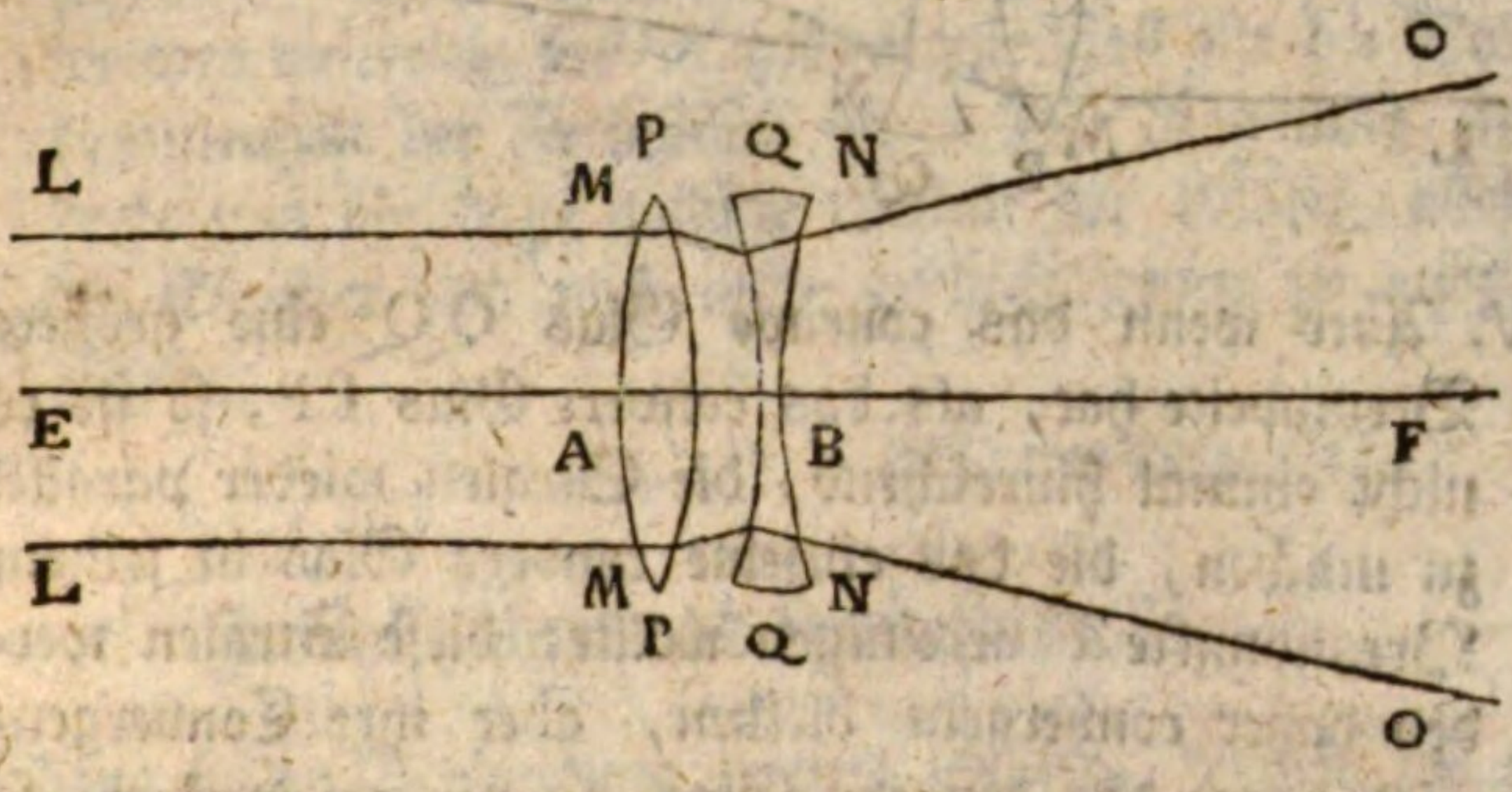


I. Wenn man hinter einem convexen Glase P A P ein concaves Q B Q von gleicher Brennweite stellt, so werden die Stralen, die das convexe Glas in seinem Brennpunkte vereinigen würde, durch das concave Glas dergestalt gebrochen werden, daß sie einander wieder parallel werden, so wie sie es waren, ehe sie durch das convexe Glas durchgiengen.

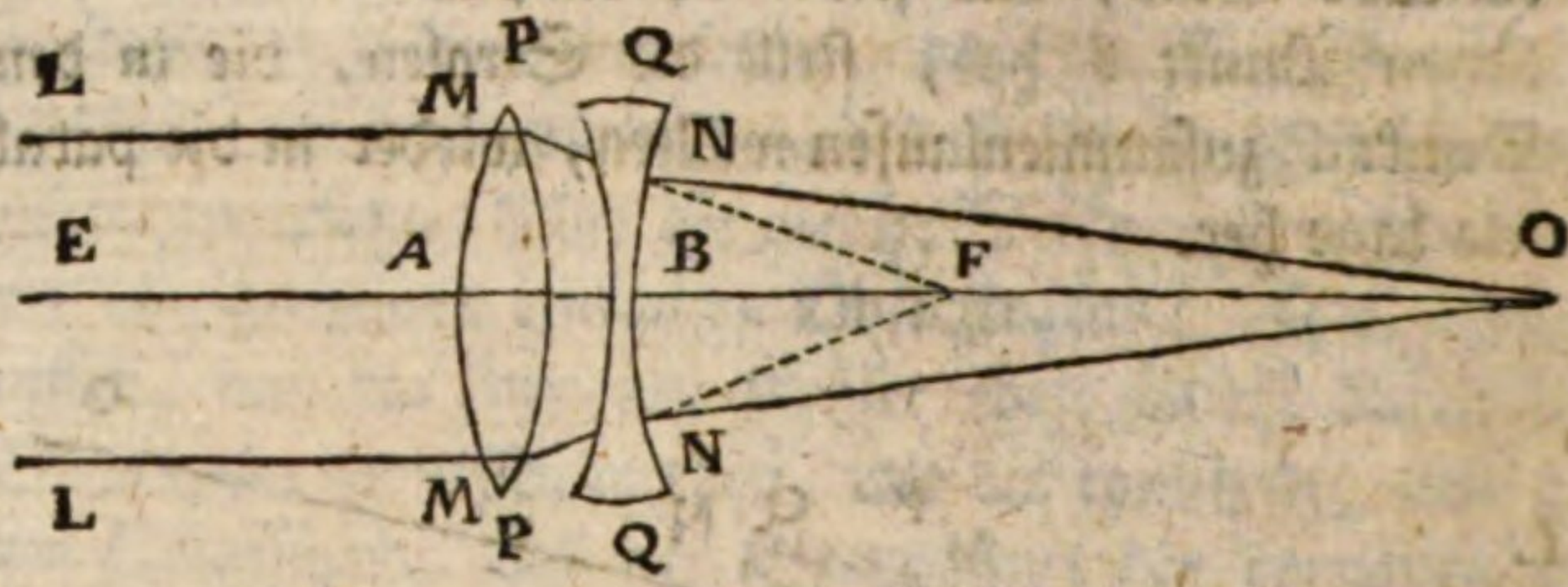
II. In diesem Falle also hebt das concave Glas die Wirkung des convexen auf, und es ist so gut als ob die Stralen ihren natürlichen Weg fortsetzten, ohne irgend eine Brechung erlitten zu haben. Denn das

con-

concave Glas, das seinen Brennpunkt in dem nemlichen Punkt F hat, stellt die Stralen, die in dem Punkt F zusammenlaufen wollten, wieder in die parallele Lage her.



III. Wenn die Brennweite des concaven Glases kleiner wäre, als die des convexen, so würde es eine größere Wirkung hervorbringen, und die Stralen, so wie in der beygefügten Figur, divergent machen: die parallel einfallenden Stralen LM, EA, LM, wenn sie durch die zwey Gläser durchgehen, nehmen die Richtungen NO, BF, NO, die unter einander divergiren. Diese zwey Gläser zusammen bringen also die nemliche Wirkung hervor, wie ein gewisses einfaches concaves Glas, das einfallenden Parallelstralen die gleiche Divergenz geben würde. Also zwey solche Gläser zusammengefügt, wovon das concave eine kleinere Brennweite hat, als das convexe, sind so gut wie ein einzelnes concaves Glas.



IV. Aber wenn das concave Glas QQ eine größere Brennweite hat, als das convexe Glas PP, so ist es nicht einmal hinreichend, die Stralen wieder parallel zu machen, die das einzelne convexe Glas in seinem Brennpunkte F vereinigen wollte: diese Stralen werden daher convergent bleiben, aber ihre Convergenz wird durch das concave Glas vermindert werden, so daß sie sich, anstatt in F, in einem entfernten Punkte O vereinigen werden.

V. Diese zwey Gläser zusammengefügt werden also die halbe Wirkung hervorbringen, wie ein einzelnes einfaches convexes Glas, das seinen Brennpunkt in O hätte, weil ein solches Glas die parallelen Stralen LM, EA, LM auf gleiche Weise in dem nemlichen Punkt vereinigen würde; woraus erhellet, daß es möglich ist, zwey Gläser, wovon das eine convex und das andere concav ist, auf unzählige Arten mit einander zu verbinden, so daß ihre Verbindung die Dienste eines gegebenen convexen Glases thue.

VI. Ein solches doppeltes Objectivglas kann also in den Fernröhren statt eines einfachen, dem es an Wirkung gleich ist, gebraucht werden, und die Wirkung in Ansehung der Vergrößerung wird völlig die nämliche seyn. Der Diffusionsraum wird sich aber sehr ändern, und es kann geschehen, daß er entweder größer oder kleiner ist, als der von einem einfachen Objectivglase, und in

diesem

diesem letztern Falle wird das doppelte Objectivglas dem einfachen weit vorzuziehen seyn.

VII. Aber noch mehr: man hat gefunden, daß es möglich ist, eine solche Verbindung von zwey Gläsern zu machen, daß der Diffusionsraum ganz vernichtet wird, welches unstreitig der vortheilhafteste Fall für die Vollkommenheit der Ferngläser ist. Die Rechnung entdeckt uns die dazu nöthige Gestalt der Gläser, allein die Künstler sind noch nicht geschickt genug sie auszuführen.

den 13ten März 1762.

Zweyhundert und funfzehnter Brief.

Eine solche Verbindung zweyer Gläser, wovon ich so eben Ew. Hoheit einen Begriff gegeben habe, wird ein zusammengesetztes Objectiv genennet, dessen Zweck ist, daß alle Stralen, sowohl die in der Mitte des Glases als die am Rande durchgehen, in einem einzigen Punkt zusammen treffen, so daß in demselben nur ein einziges Bild entstehe, ohne einige Diffusion, wie es in den einfachen Objectivgläsern geschieht. Wenn es den Künstlern gelänge, dergleichen zu verfertigen, so würde man hieraus die größten Vortheile ziehen. Ich werde Ew. Hoheit hievon die Gründe erklären.

Erstlich ist es offenbar, daß die Objecte viel deutlicher und besser begränzt erscheinen müssen, weil die Reihe von Bildern wegfällt, welche, wenn das Objectivglas einfach ist, den Diffusionsraum einnehmen.

Hernach, weil dieser Diffusionsraum der einzige Grund ist, der uns nöthigt, den einfachen Objectivgläsern eine so übermäßige Brennweite zu geben, damit die unangenehme Wirkung, die daher entsteht, unmerklich gemacht werde; so sind wir, wenn wir dergleichen zusammenge-

mehrgesetzte Objective gebrauchen, nicht mehr an dieses unbequeme Hülfsmittel gebunden; und so können wir ungemein viel kürzere Fernröhre machen, die die nemliche Vergrößerung hervorbringen.

Wenn man hundertmal vergrößern und ein einfaches Objectivglas dazu gebrauchen will, so kann seine Brennweite nicht geringer als 30 Fuß seyn, und das Fernrohr wird, des Augenglases wegen, noch größer, weil dessen Brennweite noch in der Länge zugegeben werden muß; ein geringeres Objectivglas würde, seines größern Diffusionsraums wegen, eine unerträgliche Verwirrung verursachen. Es ist aber eine Länge von 30 Fuß nicht nur sehr unbequem, sondern den Künstlern gelingen auch selten Gläser von einer so großen Brennweite. Ew. Hoheit werden den Grund davon leicht einsehen, weil nemlich der Halbmesser der Flächen dieses Glases auch 30 Fuß groß seyn müßte, es aber sehr schwer ist, einen so großen Zirkel genau zu beschreiben, wo die mindeste Abweichung die ganze Arbeit unnütz machen würde.

Dergleichen Zufälle sind bey der Verfertigung der zusammengesetzten Objective nicht zu besorgen, als welche nach kleinern Zirkeln formirt werden können, wofern sie nur groß genug für die zur Vergrößerung nöthige Oeffnung sind. So haben wir gesehen, daß, um hundertmal zu vergrößern, die Oeffnung des Objectivglases 3 Zoll seyn muß; man könnte aber leicht ein zusammengesetztes Objectiv verfertigen, dessen Brennweite nur 100 Zoll wäre, und das noch eine Oeffnung von mehr als 3 Zoll zuließe; da nun die Brennweite des Augenglases hundertmal kleiner seyn muß, welches 1 Zoll seyn würde, und der Abstand der Gläser die Summe ihrer Brennweiten ist, so würde die Länge des Fernrohrs nur 101 Zoll oder 8 Fuß 5 Zoll ausmachen, also weit weniger als 30 Fuß.

Es scheint sogar, daß ein solches zusammengesetztes Objectivglas, dessen Brennweite nur 50 Zoll wäre, auch eben sowohl noch eine Oeffnung von 3 Zoll, ja noch darüber, gestatten könnte, so daß, wenn man das Augenglas von einem halben Zoll Brennweite nähme, man die gleiche Vergrößerung von hundertmal erhalten, und die Länge des Fernrohrs auf die Hälfte, das ist, auf 4 Fuß und etwa 3 Zoll würde verkürzen können. Ein solches Fernrohr würde dieselbe Wirkung hervorbringen, als ein gemeines von 30 Fuß, welches unstreitig so vortheilhaft wäre, als man nur wünschen könnte.

Wenn ein solches zusammengesetztes Objectivglas glücken sollte, so dürfte man nur alle Maaßen verdoppeln, um eins zu haben, das eine Oeffnung von 6 Zoll verstattete, und dieses könnte dazu gebraucht werden, um zweyhundertmal zu vergrößern, wenn man sich eines Augenglases von einem halben Zoll Brennweite bediente, als welches den zweyhundertsten Theil der Brennweite des Objectivglases ausmacht, die in diesem Falle 100 Zoll seyn würde. Ein gewöhnliches Fernrohr aber, das zweyhundertmal vergrößert, ist über 100 Fuß lang; anstatt daß aus einem zusammengesetzten Objective verfertigte nur ungefähr 8 Fuß lang und sehr bequem zum Gebrauch wäre; da hingegen ein Fernrohr von 100 Fuß eine beynahe unnütze Last ist.

Allein man könnte die Sache wohl noch weiter treiben, und die Maaßen noch einmal verdoppeln, um ein zusammengesetztes Objectiv zu haben, dessen Brennweite von 200 Zoll oder von 16 Fuß und 8 Zoll wäre, das eine Oeffnung von 12 Zoll oder von 1 Fuß gestattete; wenn man alsdann ein Augenglas von einem halben Zoll Brennweite nimmt, so wird man, weil 200 Zoll 400 halbe Zoll enthalten, ein Fernrohr haben, das vierhundertmal vergrößern, und noch sehr wohl zu regieren seyn wird,

weil

weil es kaum 17 Fuß wäre, anstatt daß, wenn man die nemliche Vergrößerung durch ein einfaches Objectivglas hervorbringen wollte, die Länge des Fernrohrs über 300 Fuß seyn müßte; ein solches Fernrohr aber würde, wegen seiner ungeheuern Länge, sicher von keinem Nutzen seyn.

In Paris hat man ein Fernrohr von 120, und in London eins von 130 Fuß; allein die entsetzlichen Schwierigkeiten, sie auf ihre Gestelle zu bringen und zu regieren, vereiteln beynahe die Vortheile, die man sich davon versprochen hatte. Hieraus werden Ew. Hoheit leicht urtheilen, wie wichtig es seyn würde, wenn man in der Verfertigung dieser zusammengesetzten Objective, von denen ich so eben geredet, glücklich wäre. Die ersten Gedanken davon hatte ich schon vor vielen Jahren bekannt gemacht, und seit dieser Zeit arbeiten die geschicktesten Künstler in England und Frankreich an ihrer Ausführung; die Sache erfodert viele Versuche und eine große Geschicklichkeit von Seiten des Arbeiters; und ob ich gleich durch den Mechanicus unsrer Akademie einige Versuche nicht ohne Erfolg habe machen lassen, so haben mich dennoch die Unkosten, die ein solches Unternehmen erfodert, genöthiget, es wieder aufzugeben.

Aber im vergangenen Jahre hat die Societät der Wissenschaften in London angekündiget, daß ein sehr geschickter Künstler, Namens **Dollond**, glücklich damit zu Stande gekommen; und nunmehr werden seine Fernröhre aller Orten bewundert. In Paris rühmt sich ein eben so großer Künstler, Namens **Passement**, eines ähnlichen Erfolgs; beyde haben mir ehemals die Ehre erzeigt, über diese Materie einen Briefwechsel mit mir zu unterhalten; allein da es hauptsächlich darauf ankam, einige große Schwierigkeiten in der Ausführung zu übersteigen, womit ich mich niemals abgegeben hatte, so ist es wohl billig, daß ich ihnen die Ehre der Entdeckung überlasse: nur der theoretische Theil

gehört

gehört mir zu, und der hat mich sehr tiefsinnige Untersuchungen und die mühsamsten Berechnungen gekostet, vor deren bloßem Anblick Ew. Hoheit erschrecken würden; also werde ich mich wohl hüten, Dieselben mit dieser schweren Materie zu unterhalten.

den 16ten März 1762.

Der Diffusionsraum, der durch die Abweichung der an dem Rande einfallenden Stralen verursacht wird, hat zwar einigen Einfluß auf die Länge der Brennweite, ist aber gar nicht die Haupturſache, warum die Brennweite viel stärker als die Vergrößerungen wachsen müssen. Man kann es gleich aus dem angeführten Beyspiele sehen. Ein Objectiv von 30 Fuß Brennweite soll 3 Zoll Oeffnung haben. Der Bogen seiner Oberfläche beträgt also noch nicht einen halben Grad. Man könnte aber Bogen von einigen Graden zulassen, ohne daß man von der Abweichung der Stralen, woran die Figur des Glases Schuld ist, etwas zu befürchten hätte, und könnte also die Brennweite ein gutes Theil kleiner nehmen als 30 Fuß, wenn keine andere Ursache diese Länge nothwendig machte.

Diese ist die Zerstreuung der Stralen wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit, wovon der 217te Brief handelt. Weil das Objectiv verschiedene, oder eigentlich eine unzählige Menge von Bildern macht, so darf die Brennweite des Oculars nicht zu klein seyn, damit nicht einige Bilder gar zu nahe daran, oder gar darüber hinausfallen, und man muß daher entweder mit einer geringen Vergrösserung zufrieden seyn, oder zu einer größern die Brennweite des Objectivs so groß nehmen, daß eine beträchtliche Brennweite des Oculars dennoch diese Vergrößerung hervorbringe. Dadurch wird freylich der Raum, auf welchem die farbichten Bilder ausgebreitet sind, ebenfalls größer; aber der Winkel, um welchen die am meisten und am wenigsten brechbaren Stralen von denen der mittlern

lern Gattung abweichen, auf welchen es hier hauptsächlich ankömmt, wird kleiner. Damit dieser Winkel bey Fernröhren von verschiedener Vergrößerung derselbe sey, müssen sich die Brennweiten der Objective wie die Quadrate der Vergrößerungszahlen verhalten.

Zweyhundert und sechzehnter Brief.

Um Ew. Hoheit unterdessen doch einigen Begriff von den Untersuchungen zu geben, die mich auf die Verfertigung der zusammengesetzten Objectivgläser geführt haben, muß ich bey der Bildung der einfachen Gläser anfangen. Ich merke an, daß die zwey Flächen eines Glases auf unzählig verschiedene Arten können gebildet werden, indem man die Bogen, nach welchen sie gekrümmt sind, einander gleich oder ungleich nimmt, doch so, daß die Brennweite immer die nämliche bleibe.

Gemeiniglich giebt man den beyden Flächen eines Glases die nämliche Figur, das ist, man beschreibt die Kreisbogen, wodurch man die Flächen der Gläser vorstellt, mit gleichen Halbmessern. Die Bequemlichkeit in der Ausführung hat ohne Zweifel diese Figur empfohlen, weil man sich dabey derselben Schale zum Schleifen der einen und der andern Fläche bedienen kann, und die meisten Arbeiter nur mit einer kleinen Anzahl von Schalen versehen sind.

Wir wollen ein converes Glas annehmen, dessen beyde Flächen aus derselben Schale, von 24 Zoll im Halbmesser, geschliffen sind, so daß der Durchschnitt jeder Fläche ein Kreisbogen zu einem Halbmesser von 24 Zoll ist: ein solches Glas wird ein auf beyden Seiten gleich converes genennt, und hat, wie man insgemein rechnet, seinen Brennpunkt in der Entfernung von 24 Zoll; allein da der Brennpunkt von der Brechung abhängt, und die Brechung

chung nicht durchaus eben dieselbe in allen Arten von Gläsern ist, worinn sich eine ziemlich beträchtliche Verschiedenheit findet, je nachdem das Glas, mehr oder weniger weiß und hart ist: so ist diese Berechnung des Brennpunkts nicht ganz richtig, und gemeiniglich ist die Brennweite ein weniges kleiner als der Halbmesser dieser beyden Flächen, bald um den zehnten bald um den zwölften Theil; also wird das Glas, das ich so eben angenommen habe, dessen Flächen jede mit einem Halbmesser von 24 Zoll beschrieben sind, seinen Brennpunkt ohngefähr 22 Zoll hinter sich haben, wenn es von dergleichen Gattung Glas verfertigt ist, woraus man gemeiniglich die Spiegel macht; ob man gleich auch in dieser Gattung von Glase eine kleine Verschiedenheit, in Absicht auf die Brechung, antrifft.

Nun bemerke ich, daß, wenn man die beyden Flächen des Glases ungleich macht, man eine unzählige Menge anderer Gläser machen kann, die alle gleiche Brennweite haben; denn wenn man den Halbmesser der einen Fläche kleiner als 24 Zoll nimmt, so wird man den Halbmesser der andern Fläche um so viel größer, nach einem gewissen Verhältniß, zu nehmen haben; und immer kann man den Halbmesser der einen Fläche nach Gutbefinden annehmen, und vermittelst einer gewissen Regel den Halbmesser der andern Fläche finden, damit die Brennweite die nemliche werde, als ob die eine Fläche wie die andre 24 Zoll zum Halbmesser hätte. Nachfolgende Tafel zeigt verschiedene dergleichen Gläser, die alle die nemliche Brennweite haben.

Gläser	Halbmesser der ersten Fläche	Halbmesser der zweyten Fläche
I.	24	24
II.	21	28
III.	20	30
IV.	18	36
V.	16	48
VI.	15	60
VII.	14	84
VIII.	13	156
IX.	12	unendlich.

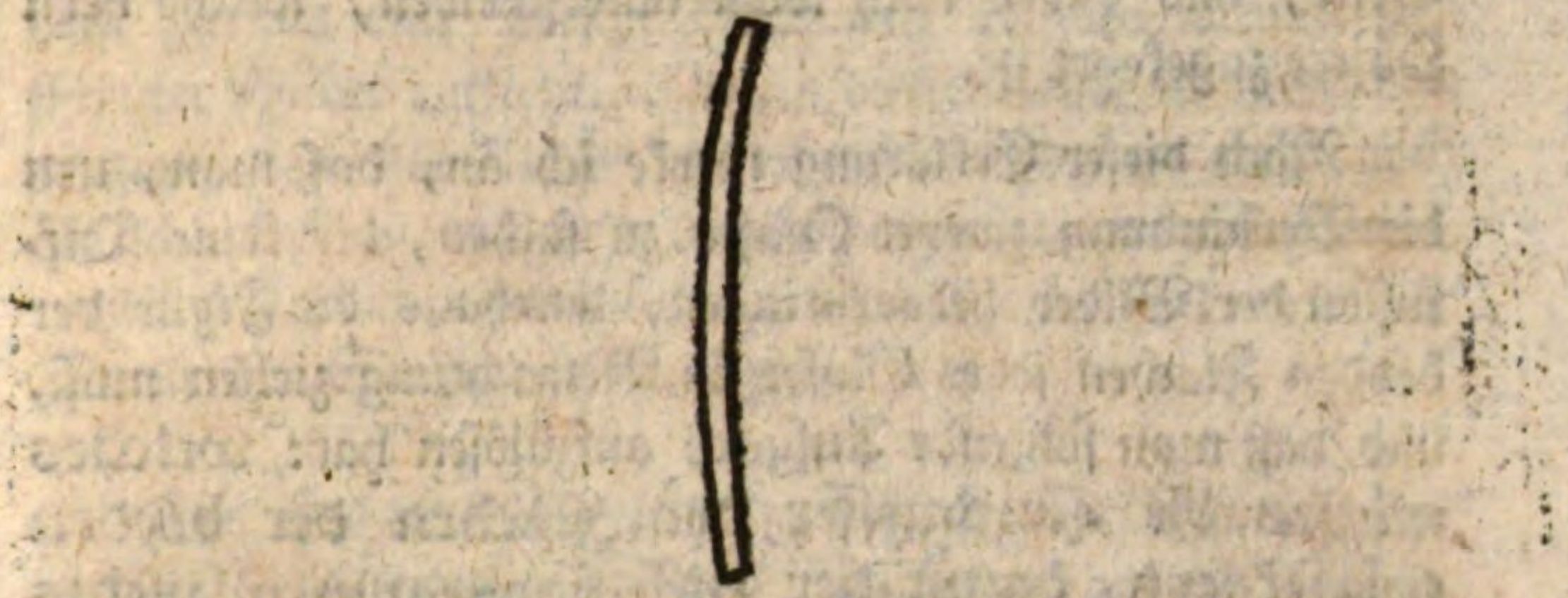
In der letzten Form ist der Halbmesser der einen Fläche nur von 12 Zoll, oder die Hälfte von 24 Zoll, aber der Halbmesser der andern wird unendlich, oder mit andern Worten, der Durchschnitt dieser Fläche ist der Bogen eines unendlich großen Zirkels; und da ein solcher Bogen von einer geraden Linie nicht mehr verschieden ist, so wird diese Fläche platt, und dieses Glas plan-convex seyn.

Wenn wir den Durchmesser der einen Fläche kleiner als 12 Zoll nehmen wollten, so müßte die andere Fläche concav gemacht werden, und so würde das Glas convex-concav werden, und alsdann den Namen Menisk. führen, wovon hier auch einige Figuren berechnet sind.

Menisk	Halbmesser der convexen Fläche	Halbmesser der concaven Fläche
X.	11	132
XI.	10	60
XII.	9	36
XIII.	8	24
XIV.	6	12
XV.	4	6
XVI.	3	4

Dieß

Dieß ist also noch eine neue Gattung von Gläsern, wovon die letzte in der beygefügten Figur vorgestellet ist, so daß wir hier 16 verschiedene Gattungen haben, die alle ihren Brennpunkt in der nemlichen Weite, ungefähr von 22 Zoll, oder ein wenig mehr oder minder, nach der Beschaffenheit des Glases, haben.



Wenn es also nur um die Brennweite zu thun ist, die das Glas haben soll, so ist es gleichgültig, nach welcher von diesen Formen man es ausarbeiten will; aber ein sehr großer Unterschied findet sich unter denselben, in Absicht auf den Diffusionsraum, dem jede Gattung unterworfen ist, indem dieser Raum in einigen kleiner, in andern größer ist. Wenn man, wie gewöhnlich, ein einfaches Objectivglas gebrauchen will, so ist es nicht mehr gleichgültig, welche Gestalt man ihm giebt; denn diejenige wird unstreitig die vorzüglichste seyn, die den kleinsten Diffusionsraum hervorbringt. Diese schöne Eigenschaft aber kömmt der erstern Gattung nicht zu, wo die beyden Flächen gleich sind, sondern ohngefähr der VIIten Gattung, die den Vorzug hat, daß, wenn man ihre convexere Fläche, oder diejenige, deren Halbmesser kleiner ist, gegen das Object kehrt, alsdann der Diffusionsraum ohngefähr um die Hälfte kleiner ist, als wenn das Glas auf beyden Seiten gleich convex wäre; daher muß man den

einfachen Objectivgläsern diese vortheilhafteste Figur geben, und die Künstler sind hiemit einstimmig.

Hieraus ist klar, daß es zur Beurtheilung des Diffusionsraums eines Glases nicht genug ist, seine Brennweite zu wissen, sondern man muß auch seine Figur kennen, das ist, die Halbmesser der einen und der andern Seite, und dabey noch wohl unterscheiden, welche dem Object zugekehrt ist.

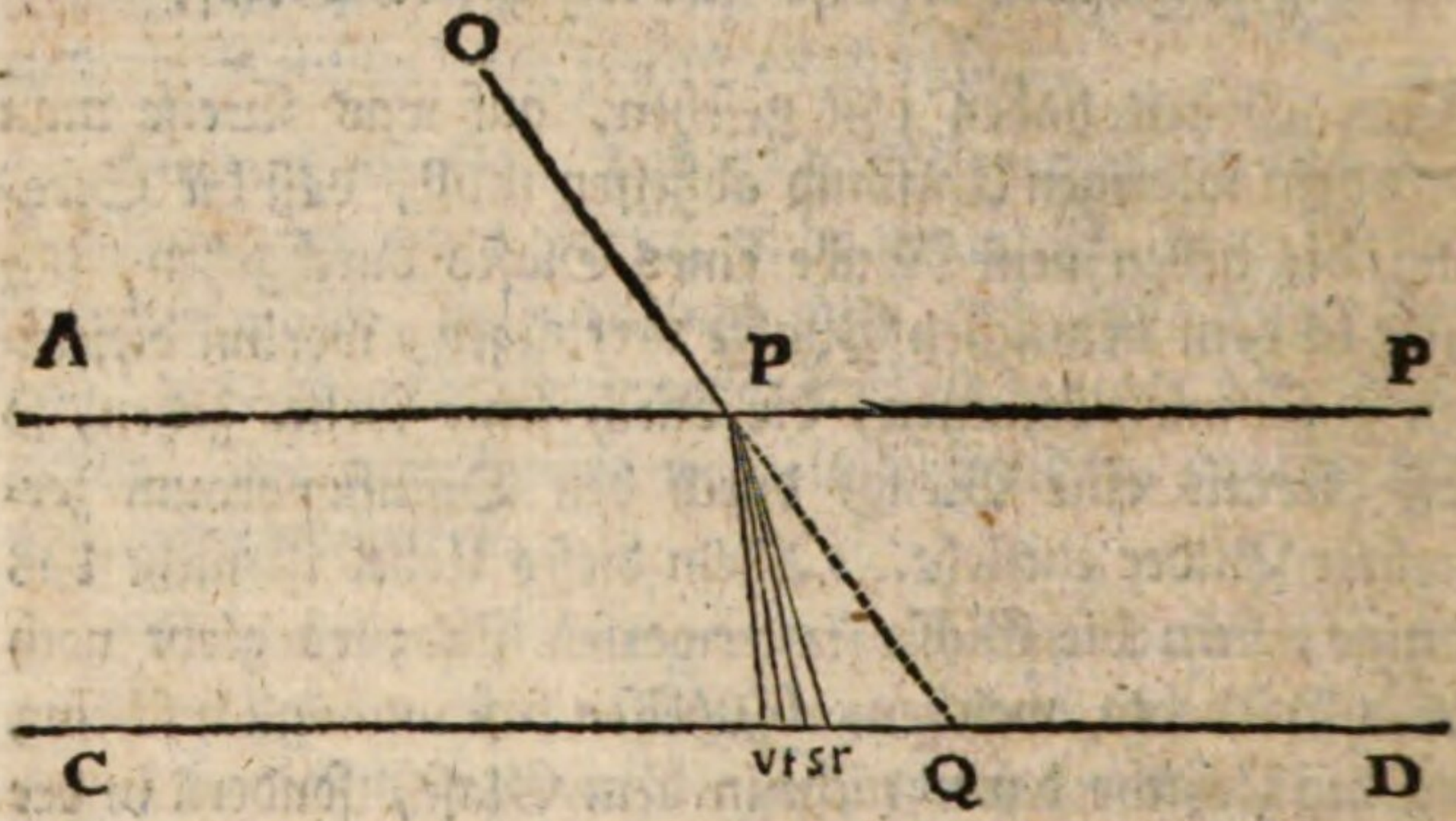
Nach dieser Erklärung merke ich an, daß man, um die Verbindung zweyer Gläser zu suchen, die keine Diffusion der Bilder hervorbringen, durchaus die Figur der beyden Flächen jedes Glases in Betrachtung ziehen muß, und daß man folgende Aufgabe aufzulösen hat: **welches müssen die Halbmesser der Flächen der beyden Gläser seyn, damit der Diffusionsraum in nichts verwandelt werde?** Die Auflösung dieser Frage erfodert die tiefsten Untersuchungen der höchsten Meßkunst; aber wenn man auch damit zu Ende ist, so findet der Künstler doch noch viele Schwierigkeiten zu übersteigen; er muß den Schalen genau die nemliche Krümme geben, welche die Rechnung vorschreibt, und dieß ist noch nicht genug; denn indeß, daß man das Glas auf der Schale schleift, um ihm ihre Figur zu geben, leidet die Schale selbst auch darunter; man ist daher genöthiget, die Figur der Schale von Zeit zu Zeit zu verbessern, und das mit der größten Genauigkeit; sobald man in einem dieser Stücke nicht vorsichtig ist, so kann man sich keinen glücklichen Erfolg versprechen; auch ist es sehr schwer zu verhindern, daß das Glas nicht eine der Figur der Schale etwas unähnliche annehme; woraus Ew. Hoheit leicht beurtheilen können, wie schwer es seyn müsse, diesen wichtigen Punkt der Dioptrik zu seiner Vollkommenheit zu bringen.

den 20ten März 1762.

Zweyhundert und siebenzehnter Brief.

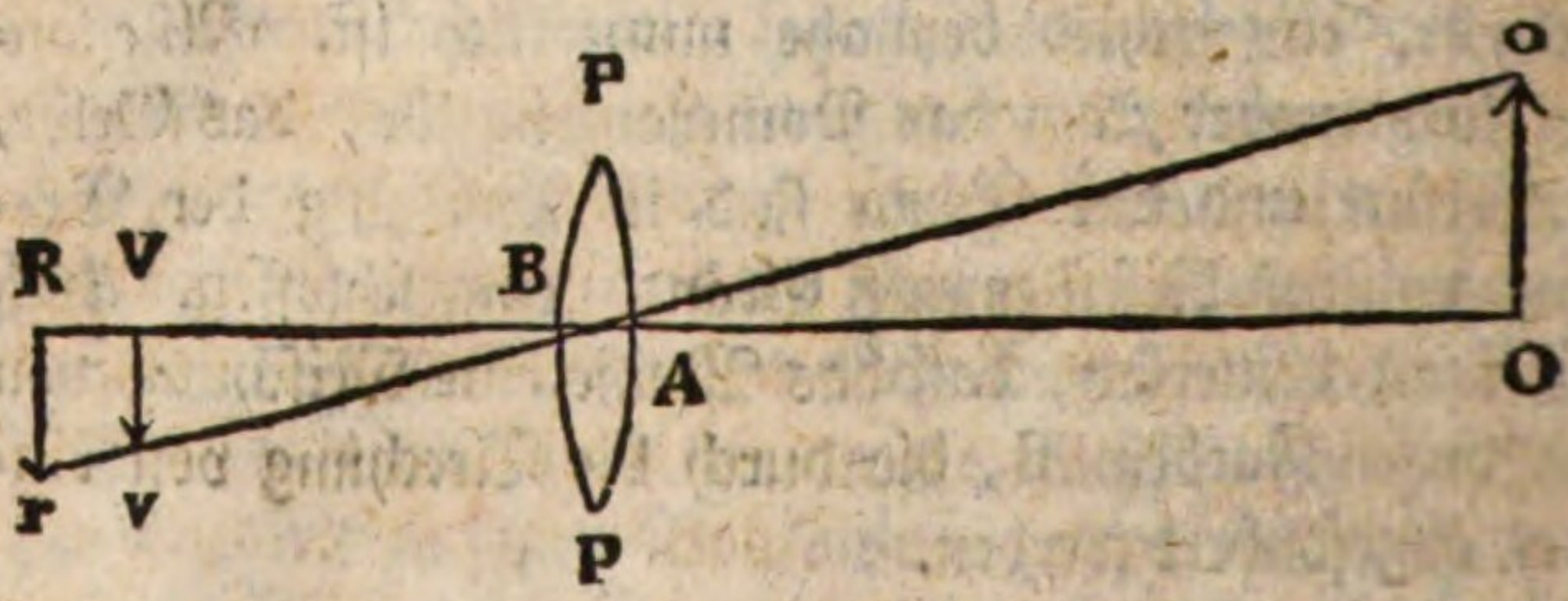
Ew. Hoheit haben jetzt gesehen, auf was Weise man dem widrigen Umstand abhelfen muß, daß die Stralen, die neben dem Rande eines Glases durchgehen, sich nicht in dem nemlichen Punkte vereinigen, worinn diejenigen zusammen kommen, die durch seine Mitte gehen, so daß hieraus eine Menge durch den Diffusionsraum zerstreuter Bilder entsteht. Allein dieses Uebel ist nicht das einzige, dem die Gläser unterworfen sind; es giebt noch ein schlimmeres, welchem abzuhelfen fast unmöglich scheint, weil die Ursache davon nicht in dem Glase, sondern in der Natur der Stralen selbst liegt.

Ew. Hoheit erinnern sich, daß in den Stralen eine große Verschiedenheit herrscht, in Absicht auf die verschiedenen Farben, die sie uns empfinden lassen; ich vergleiche diese Verschiedenheit mit einer andern, die man in den Tönen findet, indem ich als einen Grundsatz festsetze, jede Farbe sey mit einer gewissen Anzahl von Schwingungen verbunden. Allein, wenn auch diese Erklärung noch zweifelhaft schiene, so ist doch immer sehr gewiß, daß die Stralen von verschiedenen Farben auch verschiedene Brechungen leiden; indem sie aus einem durchsichtigen Körper in den andern übergehen: so leiden die rothen Stralen die geringste Brechung, und die violetten die größte, obgleich der Unterschied beynahe unmerklich ist. Alle andere Farben aber, als das Pomeranzengelbe, das Gelbe, das Grüne und das Blaue sind in Ansehung der Brechung zwischen diesen zweyen Gränzen eingeschlossen. Auch muß man bemerken, daß das Weiße eine Mischung von allen diesen Farben ist, die durch die Brechung von einander abgesondert werden.



Wirklich, wenn man einen weißen Stral O P, oder einen Sonnenstral, schief auf ein Stück Glas A B C D fallen läßt, so wird er, anstatt seinen Weg nach der Richtung P Q fortzusetzen, nicht nur davon abweichen, sondern er wird sich noch in viele Stralen P r, P s, P t, P v, theilen, wovon der erste P r, der am wenigsten abgewichen ist, die rothe Farbe, und der letzte P v, der am meisten abgewichen ist, die violette Farbe vorstellt; die Zerstreuung r v ist viel kleiner als die Figur vorstellt, unterdessen wird ihre Divergenz je länger je merklicher.

Aus dieser verschiedenen Brechbarkeit der Stralen, nach ihren verschiedenen Farben, entstehen folgende Erscheinungen, in Absicht auf die dioptrischen Gläser.



I. Es sey P P ein converes Glas, auf dessen Axe O R sich in einer sehr großen Entfernung A O das Object O o befindet,

findet, dessen Bild, wie es das Glas zeiget, angegeben werden soll, in so ferne man hier nicht auf die erste Unregelmäßigkeit sieht, welche die Diffusion betrifft, oder welches auf eins hinausläuft, wenn man hier nur diejenigen Stralen betrachtet, die durch die Mitte des Glases AB durchgehen, eben so, als wenn sein Rand mit einem Pappendeckel bedeckt wäre.

II. Nunmehr wollen wir annehmen, das Object Oo sey roth, so daß alle seine Stralen auch von gleicher Natur seyn, so wird das Glas irgendwo desselben Bild Rr ebenfalls roth vorstellen; alsdenn nennt man den Punkt R den Brennpunkt der rothen Stralen, oder derjenigen, die die geringste Brechung leiden.

III. Wenn aber das Object Oo violett ist, so wird, weil die Stralen von dieser Farbe die größte Brechung leiden, das Bild Vv dem Glase näher seyn, als das vorhergehende Rr; dieser Punkt V wird der Brennpunkt der violetten Stralen genennt.

IV. Wenn das Object mir irgend einer andern, zwischen der rothen und der violetten liegenden Farbe bemalt wäre, so würde das Bild zwischen die Stellen R und V fallen, und immer ganz deutlich, auch durch die gerade Linie oB begränzt seyn, die von dem äußersten Ende des Objects o durch die Mitte des Glases gezogen ist; als welches für alle Stralen von jeder Farbe gilt.

V. Aber wenn das Object keine einfache Farbe hat, wie das beynahe bey allen Körpern der Fall ist; oder wenn es weiß ist, worinn alle Farben gemischt sind, so werden die verschiedenen Gattungen von Stralen durch die Brechung von einander getrennt, und jede wird ein besonderes Bild vorstellen. Dasjenige, das durch die rothen Stralen gemacht wird, wird sich in Rr befinden, und dasjenige, so durch die violetten Stralen entsteht,

in Vv; der ganze Raum RV aber wird mit den Bildern der mittlern Farben angefüllt seyn.

VI. Von jedem Objecte O o also wird das Glas P P' eine Menge in dem kleinen Raum R V hintereinander liegender Bilder vorstellen, wovon das von dem Glase am meisten entfernte R r roth, und das nächste V v violett ist, die mittlern aber von Mittelfarben, nach der Ordnung der Farben, die wir in dem Regenbogen sehen.

VII. Jedes von diesen Bildern wird an sich gar deutlich, und alle werden durch die gerade Linie o B v r begränzt seyn, die von dem äußersten Ende des Objects o durch die Mitte des Glases B gezogen ist. Aber alle zusammen können ohne eine ziemlich merkliche Verwirrung nicht gesehen werden.

VIII. Daher entsteht also auch ein Diffusionsraum wie bey der ersten Unregelmäßigkeit, der aber darinn von jenem unterschieden ist, daß dieser nicht von der Oeffnung des Glases abhängt, und daß jedes Bild seine besondere Farbe hat.

IX. Dieser Diffusionsraum R V hängt von der Brennweite des Glases ab, so daß er immer ungefähr den 28sten Theil derselben ausmacht; also wenn die Brennweite des Glases P P 28 Fuß ist, so wird der Raum R V einem ganzen Fuß gleich, oder, der Abstand des rothen Bildes R r und des violetten V v ist einen Fuß groß. Wäre die Brennweite zweymal größer oder von 56 Fuß, so würde der Raum R V von 2 Fuß seyn, u. s. w.

X. Daher läßt sich die Brennweite eines Glases nicht genau angeben, weil die Stralen einer jeden Farbe ihren besondern Brennpunkt haben; und wenn man von dem Brennpunkte eines Glases redet, so sollte man sich immer erklären, welche Farbe man versteht. Aber gemei-

meiniglich versteht man es von den Stralen von mittlerer Art zwischen Roth und Violett, welche zu der grünen Farbe gehören.

XI. Also wenn man, ohne sich deutlicher zu erklären, sagt: die Brennweite eines Glases ist z. E. 56 Fuß, so heißt dies, das grüne Bild falle auf diese Weite; alsdann wird das rothe Bild ungefähr um einen Fuß weiter, und das violette um einen Fuß näher fallen.

Hier kommen wir also auf einen neuen sehr wesentlichen Umstand, welchen man bey dioptrischen Instrumenten wohl in Betracht zu ziehen hat.

den 23ten März 1762.

Zweyhundert und achtzehnter Brief.

Diese neue Diffusion oder Vervielfältigung des Bildes, die von der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen herkömmt, in so fern sie von verschiedenen Farben sind, hat man von der vorhergehenden wohl zu unterscheiden, welche von der Oeffnung des Glases herrührte, indem die Stralen, die nahe bey dem Rande durchgehen, ein ander Bild machen, als die, welche durch die Mitte gehen. Auch muß man dieser neuen Abweichung auf eine ganz andere Weise abhelfen als der erstern.

Ew. Hoheit werden sich zu erinnern belieben, daß ich zwey Mittel vorgeschlagen habe, um der erstern Zerstreuung der Stralen abzuhelfen: das eine bestand in der Vergrößerung der Brennweite, um die Krümme der Flächen des Glases zu vermindern; dieses Hülfsmittel hatte uns auf so außerordentlich lange Fernröhre gebracht, wenn man eine beträchtliche Vergrößerung verlangte. Das andere Mittel bestand in der Verbindung zweyer Gläser, eines convexen und eines andern concaven, um die Brechung in dem einen durch die in dem andern so zu verbes-

sern, daß alle durch die Gläser durchgelassene Stralen sich in dem nemlichen Punkte vereinigen, und der Diffusionsraum in nichts verwandelt werde.

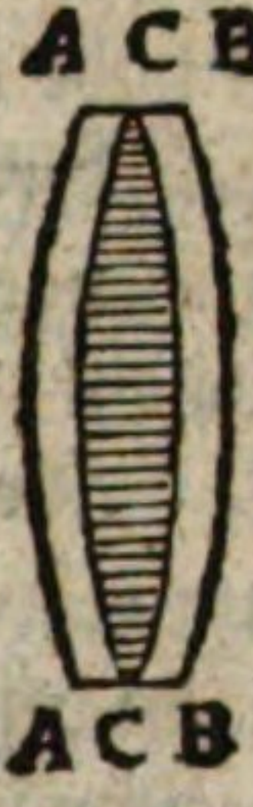
Aber weder das eine noch das andere von diesen Mitteln leistet uns bey dieser neuen, durch die verschiedene Refrangibilität der Stralen verursachten Schwierigkeit einige Hülfe. Das erste bringt sogar eine ganz widrige Wirkung hervor, weil, je mehr man die Brennweite des Glases vermehrt, desto beträchtlicher der Raum wird, in welchem die gefärbten Bilder zerstreut sind: die Vereinigung zweyer oder mehrerer Gläser ist ebenfalls von gar keinem Nutzen, und man hat sowohl durch die Erfahrung als durch die Theorie gefunden, daß die Bilder von verschiedenen Farben immer getrennt bleiben, die Anzahl der Gläser, wodurch man die Stralen gehen läßt, mag so groß seyn als sie will, und daß der Unterschied desto größer wird, je mehr das Fernrohr vergrößern soll.

Dieser Umstand hat den großen **Newton** dergestalt niedergeschlagen, daß er alle Hoffnung aufgab, diesem Fehler abzuhelfen, den er bey allen dioptrischen Instrumenten, wo das Sehen durch gebrochene Stralen geschieht, für unvermeidlich hielt. Darum entschloß er sich, die Stralenbrechung gänzlich fahren zu lassen, und faßte den Gedanken, statt der Objectivgläser Spiegel zu gebrauchen, weil die Reflexion für alle Stralen immer dieselbe ist; diese Idee hat uns nachher diese vortrefflichen Reflexions-Teleskope verschafft, deren erstaunliche Wirkungen man bewundert, und wovon ich ein andermal besonders reden werde, wenn ich alles werde angeführt haben, was die Refractionsinstrumente betrifft.

Als ich mich überzeugte, daß es unmöglich wäre, der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen durch Verbindung mehrerer Gläser abzuhelfen, so bemerkte ich, daß der Grund hievon in dem Gesetze der Stralenbrechung lieget,

das

das bey allen Gattungen von Gläsern dasselbe ist; und ich nahm wahr, daß, wenn man andere durchsichtige Materien gebrauchen könnte, deren Brechungskraft von der des Glases beträchtlich genug verschieden wäre, es wohl möglich seyn würde, eine solche Materie mit dem Glase so zu verbinden, daß alle verschiedene Stralen sich vereinigten, ein einiges Bild zu machen, ohne daß es einen Diffusionsraum gäbe. Nachgehends habe ich diesen Gedanken weiter verfolgt, und Mittel gefunden, aus Glas und Wasser Objectivgläser zusammen zu setzen, die von der Wirkung der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen gänzlich befreyt waren, und die folglich eine eben so gute Wirkung hervorbringen müßten, als die Newtonischen Spiegel.



Diesen Entwurf habe ich nun durch zwey Menisken oder concav-convexe Gläser ausgeführt, wovon das eine AACC und das andere BBCC ist, die ich mit ihren concaven Flächen aneinander gelegt, indem ich den Raum zwischen beyden mit Wasser anfüllte, so daß die Stralen, die durch das Glas AACC einfallen, erst durch das zwischen den beyden Gläsern enthaltene Wasser gehen müssen, ehe sie durch das andere Glas CCBB herausgehen können. Jeder Stral leidet also vier Brechungen: die erste, indem er aus der Luft in das Glas AACC eintritt; die zweyte, wenn er aus diesem Glas in das Wasser übergeht; die dritte, wenn er aus dem Wasser in

das

das andere Glas CCBB geht; die vierte, wenn er aus diesem Glas in die Luft hinaustritt.

Da es hier auf die vier Flächen dieser beyden Gläser ankömmt, so habe ich Mittel gefunden, ihre Halbmesser so zu bestimmen, daß ein Lichtstral, von welcher Farbe er seyn mag, nachdem er diese vier Brechungen erlitten, mit den andern Stralen in demselben Punkte sich vereinigt, und daß die verschiedene Brechbarkeit nicht weiter verschiedene Bilder hervorbringt.

Bey diesen aus zwey Gläsern und aus Wasser zusammengesetzten Objectiven äußerte sich gleich anfangs der widrige Umstand, daß die Stralen, die an den Rändern durchgehen, einen andern Vereinigungspunkt bekamen, als diejenigen, die durch die Mitte gehen; aber nach sehr mühsamen Untersuchungen habe ich Mittel gefunden, die Halbmesser der vier Flächen dergestalt gegen einander abzumessen, daß diese zusammengesetzten Objectivgläser von der Stralenzerstreuung sowohl der einen als der andern Gattung befreyt wurden. Aber hierzu mußte man alle durch die Rechnung herausgebrachte Maaßen so genau treffen, daß die geringste Abweichung alle Vortheile, die man davon erwartete, verschwinden machte, so daß ich die Verfertigung dergleichen Objective nicht weiter empfehlen wollte.

Zudem würde diese Einrichtung nur wider die Unregelmäßigkeiten dienen, die auf Seiten des Objectivglases zu befürchten sind, und das Augenglas würde dennoch eine eben so nachtheilige Wirkung hervorbringen, welcher man unmöglich auf die nemliche Art abhelfen kann. Oft bedient man sich auch mehrerer Augengläser, um Ferngläser zu verfertigen, wie ich Ew. Hoheit in der Folge zu erklären die Ehre haben werde; und also würde man nicht viel dabey gewinnen, wenn man sich allzuängstlich bey dem Objectivglas allein aufhielte, und die andern Gläser darüber

über vernachläßigte, obgleich ihre Wirkung, in Vergleichung mit der Wirkung des Objectivglases, nicht sehr merklich ist.

Allein so viele Mühe mich diese Untersuchungen gekostet haben mögen, so muß ich doch frey gestehen, daß ich gegenwärtig die Verfertigung solcher aus Glas und Wasser zusammengesetzten Objective gänzlich aufgebe; nicht nur wegen der großen Schwierigkeit, sie auszuarbeiten, sondern auch, weil ich seitdem andere Mittel entdeckt habe, nicht zwar die Wirkung der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen zu zerstören, aber doch sie unmerklich zu machen, worüber ich Ew. Hoheit nächstens zu unterhalten die Ehre haben werde.

den 27ten März 1762.

Es ist nunmehr durch Theorie und Erfahrung ausgemacht, daß die Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen durch die Verbindung zweyer Gläser, eines convexen und eines concaven, gehoben werden kann. Nur müssen diese Gläser von verschiedener Natur seyn, oder eine verschiedene Zerstreuungskraft besitzen.

In den nach der Zeit dieses Briefes berühmt gewordenen Dollondischen Fernröhren ist das Objectiv aus zwey Linsengläsern, auch wohl aus dreyen zusammengesetzt; die convexe Linse ist aus Kronglase gemacht, welches dem französischen oder böhmischen Glase nahe kommt. Die concave Linse besteht aus einer Art Glas, welches man außer England noch nicht gut hat nachmachen können, Flintglas genannt, das die Stralen von der mittlern Brechbarkeit, die grünen, bald in das Blaue fallenden Stralen fast so bricht, wie das Kronglas, aber die rothen beträchtlich weniger, dagegen die violetten beträchtlich mehr, so daß es die Stralen von der geringsten und stärk-

sten

sten Brechbarkeit viel stärker zerstreuet, als es das Kronglas thut. Die Zerstreuung, welche durch die convexe Linse geschieht, wird durch eine entgegengesetzte von der concaven wieder aufgehoben, zu welchem Ende eben des letztern Zerstreuungskraft stärker seyn muß, als des erstern, indem zwey Linsen von einerley Glasart es nicht zu bewerkstelligen im Stande sind.

Man hatte bis dahin gar nicht geglaubt, daß zwey Gläser die mittlern Stralen fast auf gleiche Art, und die von der geringsten oder größten Brechbarkeit so ungleich brechen könnten; sonst hätte man der Dioptrik die Vollkommenheit, welche sie erst seit kurzem erreicht hat, viel früher geben können. Ein Vorurtheil, das sich auf eine irrige Behauptung Newtons gründete, stand hier im Wege. Herr Euler war der erste, der es versuchte, durch zweyerley Materien die Farbenzerstreuung zu heben, wodurch er, wenn gleich der Versuch nicht ganz der Erwartung entsprach, den Grund zu der verbesserten neuen Dioptrik legte. Zugleich bestritt er Newtons irrige Meynung, und setzte ihr eine andere Hypothese von der Zerstreuungskraft der durchsichtigen Materien entgegen. Diese war freylich auch irrig; allein sie veranlaßte eine genaue Prüfung des Newtonianischen Satzes durch neue Versuche, wodurch beyde Hypothesen falsch befunden wurden. Man lernte zugleich aus ihnen und andern auf ihre Veranlassung angestellten, daß alle bisherigen Theorien von der Brechung des Lichts ungegründet wären; und daß wir in diesem Stücke, so wie ohne Zweifel in der ganzen Natur, nur die äußern in die Sinne fallenden Wirkungen kennen, von der wahren Beschaffenheit der Sache aber nichts wissen.

Als man nun durch die Erfahrung auf den rechten Weg geleitet war, unternahm man in die Wette, die vortheilhafteste Einrichtung sowohl der farbenlosen Objective,

als der Oculare durch Rechnung zu bestimmen, um der Praxis, welche sonst durch mühselige Versuche sie finden müßte, zu Hülfe zu kommen. Hierinn hat der ältere Herr Euler es allen übrigen bey weitem zuvor gethan. Seine Berechnungen allein sind vollständig, bequem, und zur Anwendung auf die Praxis geschickt; durch sie hat die Dioptrik eine ganz neue Gestalt gewonnen. Es ist zwar möglich, die Berechnungen beträchtlich abzukürzen, selbst die Theorie der zusammengesetzten farbenlosen Objective noch etwas zu verbessern; aber das Wesentliche der Eulerischen Methode, und die Resultate der Rechnungen werden immer ihren Platz unter den vorzüglichsten Bereicherungen der neuern Mathematik behaupten.

Es fehlt nur jetzt beynahe noch daran, daß man die Glasarten, wie sie der Künstler zu den zusammengesetzten Objectiven braucht, in der gehörigen Vollkommenheit nicht leicht erhalten kann. Ein Chymist, der uns eine sichere Zubereitung des Flintglases, oder einer Glasart überhaupt, welche die Farben beträchtlich stärker als das gewöhnliche Glas zerstreut, lehrete, würde sich ein großes Verdienst um die praktische Optik erwerben. Die Ingredientien der Mischung weiß man schon, weil es hauptsächlich auf den Zusatz von Bleykalk dabey ankömmt; nur ist die Frage, wie erhält man es rein, ohne Adern, Risse und Lagen von verschiedener Dichtigkeit, und dieses in der gehörigen Dicke und Größe.

Zweyhundert und neunzehnter Brief.

Als die reflectirenden Teleskope in Gebrauch kamen, wurden die dioptrischen Fernröhre so heruntergesetzt, daß man glauben mußte, sie verdienten kein ander Schicksal, als die gänzliche Verwerfung. Darum hat man auch seit dieser Zeit ihre Verfertigung gänzlich vernachläßiget, in der festen Ueberzeugung, alle Mühe, die man sich um ihre

Ver-

Vervollkommnung geben würde, wäre unnütz, weil der große Newton bewiesen hatte, daß die nachtheiligen Wirkungen der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen bey der Versertigung der Fernröhre schlechterdings unvermeidlich wären.

Nach dieser Meynung könnten alle Fernröhre uns die Objecte nicht anders als mit einer unausstehlichen Verwirrung vorstellen, und dieses desto mehr, je beträchtlicher die Vergrößerung seyn würde. Unterdessen, ob man gleich Fernröhre findet, die in dieser Absicht äußerst mangelhaft sind, so findet man doch zuweilen auch sehr gute, die den so gerühmten reflectirenden Teleskopen nichts nachgeben. Es ist dieses ohne Zweifel ein sehr großes Paradoxon; denn wenn dieser Fehler, den man den Fernröhren schuld giebt, recht gegründet wäre, so müßte man nicht eines finden, das davon befreyt wäre: folglich verdient diese durch die Erfahrung uns bestätigte Ausnahme alle unsere Aufmerksamkeit.

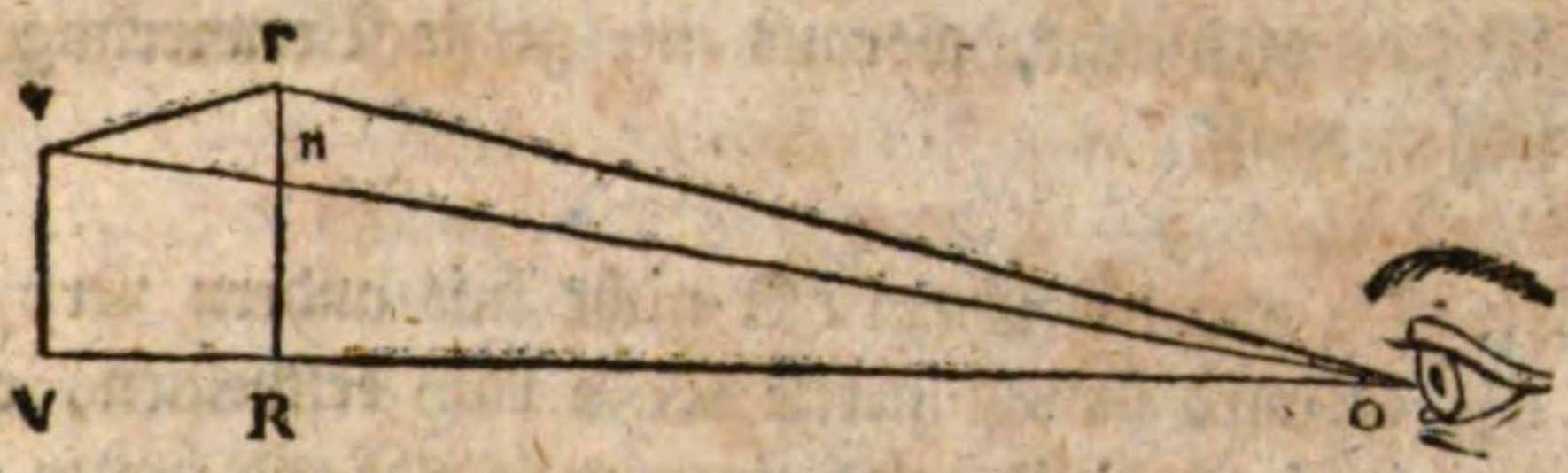
Es ist also darum zu thun, die wahre Ursache zu ergründen, warum einige Fernröhre die Objecte ziemlich deutlich vorstellen, anstatt daß andere dem durch die verschiedene Brechbarkeit der Stralen verursachten Fehler nur allzusehr unterworfen sind. Ich glaube, den Grund davon entdeckt zu haben, und werde ihn Ew. Hoheit in folgenden Anmerkungen sogleich vorlegen.

I. Es ist völlig gewiß, daß das Objectivglas eine Menge Bilder von jedem Object vorstellt, die alle in dem Diffusionsraum liegen, und wovon jedes seine eigene Farbe hat, wie ich es in meinem vorhergehenden Briefe bewiesen habe.

II. Jedes von diesen Bildern wird zu einem Objecte, in Absicht auf das Augenglas, das jegliches besonders mit der ihm eigenthümlichen Farbe vorstellt, so daß das Auge durch das Fernrohr eine Menge Bilder entdeckt,

deckt, die nach Maaßgabe der Brechung durch die Gläser in einer gewissen Ordnung liegen.

III. Und wenn man statt eines Augenglases ihrer mehrere gebraucht, so wird doch immer eben dasselbe sich ereignen, daß das Fernrohr statt eines Bildes dem Auge unzählige oder vielmehr eine Reihe Bilder vorstellt, deren jedes das Object besonders, aber mit einer ihm eigenen Farbe ausdrückt.



IV. Wir wollen also die letzten Bilder betrachten, die das Fernrohr dem in O liegenden Auge vorstellt; und R r sey das rothe und V v das violette Bild; die Bilder der andern Farben befinden sich zwischen diesen beyden nach der Ordnung ihrer verschiedenen Brechbarkeit. In dieser Figur habe ich die Gläser des Fernrohrs nicht angedeutet, weil es einzig darum zu thun ist, auf welche Weise das Auge diese Bilder siehet. Man muß nur den Abstand des Auges O von diesen Bildern als sehr groß ansehen.

V. Alle diese Bilder R r und V v, sammt den mittlern, liegen also auf der Axe des Fernrohrs O R V, und sind durch eine gewisse gerade Linie r v begränzet, welche die Gränzlinie aller Bilder genennt wird.

VI. Wie ich diese Bilder in der Figur vorgestellt habe, so wird das rothe Bild R r von dem Auge in O unter dem Winkel R O r gesehen, der größer ist als der Winkel V O v, unter welchem das violette Bild V v gesehen wird. Also vermischen sich die violetten

Stralen, die von dem Bilde V v ins Auge bringen, mit den rothen, die von dem Theile R n des rothen Bildes R r kommen.

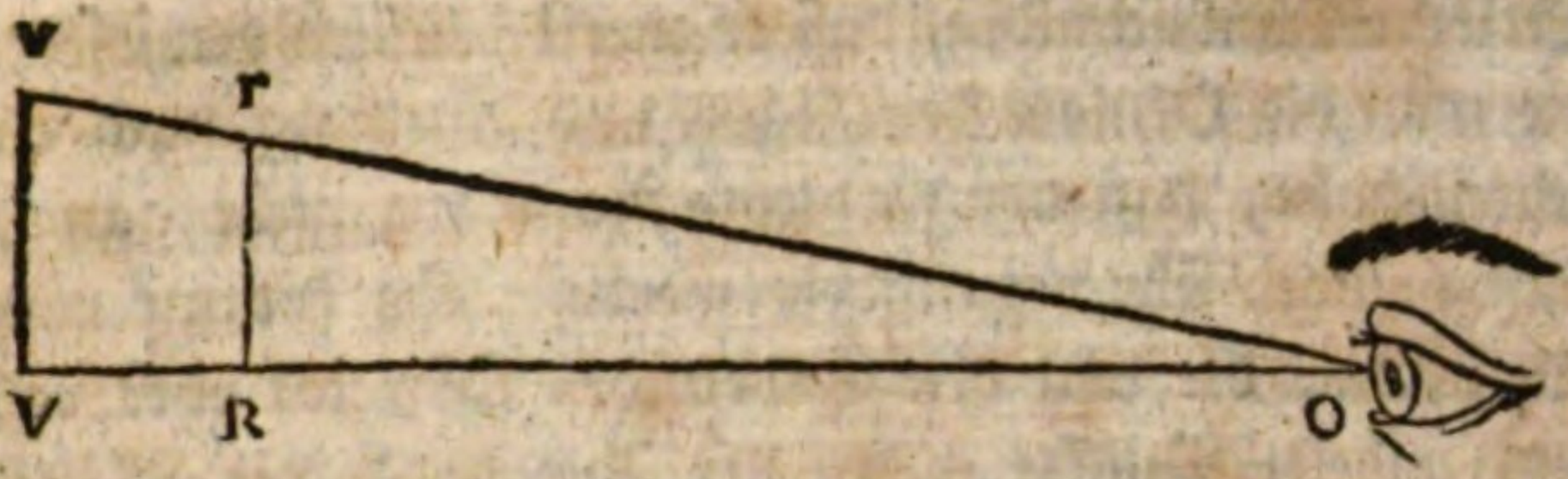
VII. Folglich kann das Auge das violette Bild nicht ohne eine Mischung von Stralen von andern Farben sehen, die aber zu verschiedenen Punkten des Objectes selbst gehören; also wird der Punkt n des rothen Bildes in dem Auge mit dem äußersten Ende v des violetten Bildes vermischt, woraus eine große Verwirrung entstehen muß.

VIII. Da nun der Stral r O nicht mit andern vermischt ist, so wird das äußerste Ende roth erscheinen, oder, das gesehene Bild wird einen rothen Rand haben, der sich nachher allmählig mit den andern Farben vermischt, so daß das Object mit den Regenbogenfarben umgeben erscheinen wird, welches ein sehr gemeiner Fehler der Fernröhre ist, dem dennoch die einen minder unterworfen sind, als die andern.

IX. Wenn das größere Bild R r das violette, und V v das rothe wäre, so würde die Verwirrung gleichfalls unausstehlich seyn, nur mit dem Unterschiede, daß die äußersten Enden des Objectes alsdann mit Violett, anstatt mit Roth umgeben erscheinen würden.

X. Die Verwirrung hängt also von der Lage der geraden Gränzlinie r v, in Absicht auf die Linie V O, ab, und von der Verschiedenheit, die dabey statt haben kann; daher kömmt es, daß die Verwirrung bald größer, bald kleiner seyn wird.

XI. Num-



XI. Nunmehr wollen wir den Fall betrachten, wo die leßten durch das Fernrohr vorgestellten Bilder so liegen, daß die gerade Gränzlinie v r, wenn sie verlängert wird, gerade durch das Auge geht. Alsdenn wird das Auge durch einen einzigen Stral v r O alle äußersten Enden der Bilder sehen; und überhaupt werden alle Punkte, die zu demselben Punkte des Objectes gehören, durch einen einzigen Stral ins Auge gebracht; und folglich werden sie deutlich in demselben vorgestellt seyn.

XII. Dieß ist also der Fall, wo es sich zutragen kann, daß, ungeachtet der Verschiedenheit der Bilder, das Auge den Gegenstand deutlich sieht, ohne daß verschiedene Theile davon mit einander vermischt wären, wie es in dem vorhergehenden Falle geschehen ist. Dieser vortheilhafte Fall findet also statt, wenn die verlängerte Gränzlinie v r durch den Ort des Auges O geht.

XIII. Da die Ordnung der leßten Bilder R r und V v von der Einrichtung und Stellung der Augengläser abhängt, so hat man, um die Fernröhre von dem Fehler zu befreyen, den man ihnen vorwirft, diese Gläser nur so anzuordnen, daß die Gränzlinie der äußersten Bilder v r durch das Auge gehe: so werden die Fernröhre, wo dieß geschieht, immer vortrefflich seyn.

den 30ten März 1762.

Das hier angegebene Mittel, den farbichten Rand zu haben, ist allerdings von Wichtigkeit, aber auch nur möglich, wenn man mehr als ein Ocular hat. Man ist Herr

Eulern Dank schuldig, daß er zuerst deutlich gewiesen hat, wie man die Oculare der Figur und Stellung nach einzurichten habe, daß der farbichte Rand wo nicht ganz vernichtet, doch sehr vermindert werde. Es kömmt nemlich darauf an, die von den Enden des Objectes oder von einem andern Punkte außer der Axe durch die Mitte des Objectivglases einfallenden Stralen in den Ocularen so sich brechen zu lassen, daß die ungleichartigen Stralen, welche sich bey der Brechung von einander trennen, in das Auge wenigstens parallel kommen, da man es nicht erhalten kann, daß sie in einen einzigen Stral, wie außer dem Rohre, wieder vereiniget werden. Der Parallelismus der ungleichartigen Stralen macht, daß das Auge sie fast wie einen einzigen Stral empfindet, und daher keine Absonderung der Farben merkt.

Allein sobald das Fernrohr nur ein Ocular hat, läßt sich dieses Mittel nicht anwenden, weil die Zerstreuung in dem Ocular durch die entgegengesetzte in einem zweyten Ocular gehoben werden muß. Darum kann man in diesem Mittel nicht die Ursache suchen, warum einige Fernröhre, der Farbenzerstreuung ungeachtet, dennoch die Gegenstände sehr deutlich darstellen. Diese muß wohl in der vorzüglichen Ausarbeitung des Objectivs besonders und in der Wahl des Oculars liegen. Die Farbenzerstreuung ist der Deutlichkeit nicht so gar schädlich, wie hier vorgestellet wird. Denn die von einem Punkte des Objects, z. E. dem in der Axe des Fernrohrs gelegenen Punkte, herkommenden ungleichartigen Stralen werden zwar in ziemlich verschiedenen Punkten mit der Axe vereiniget; allein sie kommen doch in einem kleinen Kreise zusammen, den das Auge, welchem eine kleine Undeutlichkeit überhaupt nicht schadet, oft noch für einen Punkt nimmt, zumal da die Stralen in dem Mittelpunkte jenes Kreises sehr nahe und dichte beyeinander, nach dem Rande

aber

aber viel weitläuftiger verstreuet sind, weswegen die letztern dem Auge wenig empfindlich werden. Dazu kommt, daß die violetten und selbst ein Theil der blauen Stralen, wie auch auf der andern Seite die dunkelsten rothen, das Auge lange nicht so lebhaft rühren als die hellrothen, die goldgelben und die grünen; daher man jene fast bey Seite setzen kann, indem eine lebhaftere Empfindung allemal die schwächere verdrängt. So kann man den Raum, in welchem die farbichten Bilder zerstreut sind, ein gutes Theil kleiner als den 28sten Theil der Brennweite des Glases ansetzen.

Zweyhundert und zwanzigster Brief.

Wenn ich dasjenige zusammennehme, was ich bisher erklärt habe, so werden Ew. Hoheit gerne zugeben, daß es eine sehr seltene und kostbare Sache um ein Fernrohr ist, welches in aller Absicht vortrefflich und keinem Fehler unterworfen ist; weil man auf so viele Umstände Achtung geben muß, deren jeder einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Güte eines Fernrohrs hat. Da die Anzahl der guten Eigenschaften beträchtlich ist, so wird es dienlich seyn, sie alle auf einmal Ew. Hoheit vor Augen zu legen, damit keine unserer Aufmerksamkeit entgehe.

I. Die erste Eigenschaft betrifft die Vergrößerung; je mehr ein Fernrohr die Gegenstände vergrößert, desto vollkommener ist es ohne Zweifel, wenn ihm sonst keine andere von den guten Eigenschaften fehlet. Da nun die Vergrößerung nach dem Verhältniß beurtheilt wird, um wie vielmal der Durchmesser der Gegenstände grösser, als dem bloßen Gesicht, erscheinet: so werden Ew. Hoheit sich erinnern, daß dieses bey Fernröhren mit zwey Gläsern so vielmal geschiehet, als die Brennweite des Objectivglases die Brennweite des Augengla-

ses übertrifft. Bey den Fernröhren mit mehrern Gläsern ist diese Vergleichung schwerer.

II. Die zweyte Eigenschaft eines guten Fernrohrs ist die Helligkeit. Ein Fernrohr ist allezeit sehr fehlerhaft, wenn es die Gegenstände dunkel oder als in einem Nebel eingehüllt vorstellt. Diesem Uebel zuvorzukommen, muß das Objectivglas eine hinreichende Oeffnung haben, deren Maaß sich nach der Vergrößerung richtet. Die Künstler haben die Regel festgesetzt, daß, um 300mal zu vergrößern, der Durchmesser der Oeffnung des Objectivglases 3 Zoll seyn muß, und zu jeder andern Vergrößerung nach Verhältniß. Wenn nun die Gegenstände an sich selbst nicht sehr helle sind, so ist es gut, wenn man dem Objectivglas eine noch größere Oeffnung giebt, als nach dieser Regel.

III. Die dritte Eigenschaft besteht in der Deutlichkeit und Nettigkeit der Vorstellung. Zu diesem Ende müssen die Stralen, die an dem Rande des Objectivglases durchgehen, sich mit denen, die durch die Mitte gehen, vereinigen, oder die Abweichung muß wenigstens nicht merklich seyn. Wenn man sich eines einfachen Objectivglases bedienet, so muß seine Brennweite eine gewisse Grenze überschreiten, die sich nach der Vergrößerung richtet. So muß, wenn man 100mal vergrößern will, die Brennweite des Objectivglases zum wenigsten 30 Fuß seyn; daß es also die Deutlichkeit ist, die uns in die Nothwendigkeit versetzet, so außerordentlich lange Fernröhre zu machen, wenn man eine starke Vergrößerung verlangt. Um nun dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen, kann man sich eines Objectivs bedienen, das aus zwey Gläsern zusammengesetzt ist; und wenn es den Künstlern in ihrer Zusammensetzung gelingen sollte, so würde man im Stande seyn, die Fernröhre sehr beträchtlich zu verkürzen, und doch dieselbe

Ver-

Vergrößerung behalten. Bey dieser Gelegenheit werden Ew. Hoheit sich desjenigen zu erinnern belieben, was ich Ihnen über diesen Artikel sehr weitläuftig zu sagen die Ehre gehabt habe.

IV. Die vierte Eigenschaft betrifft gleichfalls die Nettigkeit oder Reinigkeit der Vorstellung, in so fern die ungleiche Brechbarkeit der Stralen von verschiedenen Farben ihr nachtheilig ist. Ich habe gezeigt, auf welche Art dieser Schwierigkeit abgeholfen werden kann; und da es unmöglich ist, daß die Bilder, welche durch verschiedene Stralen gemacht werden, in eins vereinigt werden können, so kommt es darauf an, die Gläser auf eine gewisse Art zu ordnen, die ich in meinem vorhergehenden Briefe erklärt habe, nemlich daß die Grenzlinie der letzten Bilder durch das Auge gehe. Wenn dieses nicht geschieht, so wird das Fernrohr den Fehler haben, daß es die Gegenstände mit den Farben des Regenbogens umgeben vorstellet; welcher Fehler aber verschwindet, wenn man die Gläser auf die angewiesene Art ordnet. Zu diesem Ende nun muß man mehr als zwey Gläser brauchen, damit man sie auf die gehörige Art mit einander verbinden könne. Bisher habe ich nur von Fernröhren gesprochen, die aus zwey Gläsern zusammengesetzt sind, von welchen eines das Objectiv- und das andere das Augenglas ist; und Ew. Hoheit wissen, daß ihre Entfernung schon durch die Brennweite bestimmt ist, so daß man daran nichts zu ändern vermögend ist. Unterdessen trifft es sich glücklicher Weise, daß die Grenzlinie, von der ich geredet habe, beynahe durch den Ort des Auges gehet, so daß der farbichte Rand fast gar nicht merklich ist, wenn man dem vorhergehenden Fehler abgeholfen hat; insbesondere wenn die Vergrößerung nicht sehr stark ist. Aber bey sehr starken Vergrößerungen ist es gut, zwey

Augengläser zu brauchen, um die Regenbogenfarben gänzlich wegzuschaffen, weil die kleinsten Fehler, die in diesem Falle eben so sehr vergrößert werden, unausstehlich sind.

V. Die fünfte und letzte gute Eigenschaft der Fernröhre ist ein großes Gesichtsfeld, oder ein großer Raum, den man durch das Fernrohr auf einmal übersieht. Ew. Hoheit erinnern sich, daß die kleinen Taschenperspective mit einem concaven Augenglase den Fehler eines allzukleinen Feldes haben, welches sie unfähig macht, viel zu vergrößern. Die andere Art, wo das Augenglas conver ist, ist diesem Fehler weniger unterworfen; aber da diese die Gegenstände umgekehrt vorstellet, so würden die Fernröhre von der ersten Art doch viel besser seyn, wenn sie uns ein größeres Feld übersehen ließen. Dieses Feld hängt von der Oeffnung des Augenglases ab, und Ew. Hoheit begreifen leicht, daß man diese Oeffnung nicht nach Willkühr vergrößern kann, weil sie schon durch seine Brennweite bestimmt ist. Man hat aber gefunden, daß zwey oder drey und mehrere Augengläser dienlich sind, das Gesichtsfeld zu vergrößern; und dieses ist eine neue Ursache, warum mehr als zwey Gläser zu einem vollkommen guten Fernrohr erfordert werden.

Zu diesen guten Eigenschaften könnte man noch diese hinzufügen, daß die Vorstellung nicht mehr verkehrt seyn muß, wie es bey astronomischen Fernröhren geschiehet; es ist aber leicht diesen Mangel abzuhelfen, wenn man noch zwey Augengläser hinzufügt, welches ich in dem nächstfolgenden Briefe zu erklären die Ehre haben werde.

den 3ten April 1762.

Zweyhundert und ein und zwanzigster Brief.

Ich habe micht recht lange bey den aus zwey convexen Gläsern zusammengesetzten Fernröhren, welche unter dem Namen der astronomischen Sehröhre bekannt sind, aufgehalten, weil man sich ihrer gemeiniglich zur Beobachtung der Sterne bedient.

Ew. Hoheit werden leicht begreifen, warum der Nutzen dieser Instrumente, so vortrefflich sie auch immer seyn mögen, sich nur allein auf den Himmel einschränkt; die Ursache davon ist, daß sie die Gegenstände in einer verkehrten Lage vorstellen, welches wirklich ein großer Fehler wird, wenn man Gegenstände der Erde betrachten will, die wir lieber in ihrer natürlichen Lage sehen mögen. Nach der Erfindung dieser Art von Fernröhren hat man bald ein Mittel gefunden, diesem Mangel abzuhelfen, wenn man gleichsam eben dasselbe Fernrohr verdoppelt. Denn weil zwey Gläser die Gegenstände verkehren oder ihre Bilder verkehrt vorstellen, so darf man nur eben dieselben Bilder noch durch ein zweytes aus zwey Gläsern zusammengesetztes Fernrohr betrachten, um sie noch einmal zu verkehren, und alsdenn wird uns diese zweyte Vorstellung die Gegenstände aufrecht vorstellen. Daraus entsteht eine neue Art von Fernröhren, die aus vier Gläsern zusammengesetzt sind, welche man Erdfernröhre nennt, weil sie zur Betrachtung der Gegenstände auf der Erde bestimmt sind. Ihre Zusammensetzung ist, wie folget. Die Figur davon befindet sich auf dem besondern Blatt zu Seite 316.

I. Die vier Gläser A, B, C, D, die in der Röhre MM NN eingefaßt sind, stellen ein solches Fernrohr vor, von denen das erste A, welches gegen die Gegenstände gerichtet ist, das Objectiv, und die drey andern B, C, D, die Augengläser heißen. Alle vier Gläser sind convex, und das Auge muß an das Ende der Röhre in

einer gewissen Entfernung vom letzten Augenglase D gehalten werden, die ich in der Folge näher bestimmen werde.

II. Wir wollen die Wirkungen betrachten, die jedes Glas hervorbringen muß. Wenn der Gegenstand Oo, den man durch das Fernrohr betrachtet, sich in einer sehr großen Entfernung befindet, so wird das Objectivglas zuerst das Bild dieses Gegenstandes in Pp in der Entfernung seines Brennpunkts vorstellen, von einer Größe, die durch die gerade Linie, welche von dem äußern Ende o durch die Mitte des Glases A gezogen ist, bestimmet wird; diese Linie aber ist nicht in der Figur ausgedrückt, um sie nicht allzusehr mit Linien anzufüllen.

III. Das Bild Pp vertritt die Stelle des Gegenstandes, in Absicht des andern Glases B, welches man so stellet, daß der Abstand BP dessen Brennweite gleich kommt, damit das zweyte Bild davon ins Unendliche fortrückt, wie in Qq, welches umgekehrt ist, wie das erste Pp, und durch die gerade Linie, die aus der Mitte des Glases B durch den Endpunkt p gezogen ist, begrenzt wird.

IV. Der Zwischenraum dieser beyden ersten Gläser AB ist also der Summe ihrer Brennweiten gleich; und wenn man das Auge hinter dem Glase B hielte, so würde man ein astronomisches Fernrohr haben, durch welches man den Gegenstand Oo in Qq, und folglich umgekehrt und so vielmal vergrößert sehen würde, als die Entfernung AP die Weite BP enthält. Aber anstatt des Auges setzet man hinter das Glas B in einiger Entfernung das dritte Glas C, in Absicht auf welches das Bild Qq die Stelle des Gegenstandes vertritt, weil es wirklich die Stralen dieses Bildes Qq empfängt.

Wenn

Wenn dasselbe sich in einer sehr großen Entfernung befindet, so wird das Glas C das Bild davon in der Entfernung seines Brennpunkts in Kr vorstellen.

V. Da hier das Bild Qq verkehrt ist, so wird dieses neue Bild Kr aufrecht stehen, und durch die gerade Linie begränzt seyn, welche man von dem Ende q durch die Mitte des Glases C zöge, als durch welche der Punkt r bestimmt war. Folglich stellen die drey Gläser A, B, C zusammen den Gegenstand Oo in Kr vor, und dieses Bild Kr ist aufrecht.

VI. Man darf endlich nur das letzte Glas so stellen, daß der Abstand DK seiner Brennweite gleiche, so wird dieses Glas das Bild Kr wieder ins Unendliche entfernen, wie in Ss, wovon der Endpunkt s durch die gerade Linie, welche man aus der Mitte des Glases D durch das Ende r ziehen würde, begrenzt seyn wird; und das Auge, das hinter diesem Glase gehalten wird, wird das Bild Ss anstatt des wahren Gegenstandes Oo wirklich sehen.

VII. Hieraus ist leicht zu urtheilen, wie vielmal dieses aus vier Gläsern zusammengesetzte Fernrohr die Gegenstände vergrößern muß; man darf nur auf die zwey Paar Gläser A, B und C, D Achtung geben, deren jedes, einzeln genommen, ein astronomisches Fernrohr seyn würde. Das erste Paar Gläser A und B vergrößert so vielmal, als die Brennweite des ersten Glases A die des zweyten Glases B enthält; und dieses ist so vielmal, als das dadurch entstandene Bild Qq grösser ist, als der wahre Gegenstand Oo.

VIII. Hernach wird das Bild Qq, welches die Stelle des Gegenstandes in Absicht des zweyten Paars Gläsers C und D vertritt, noch um so vielmal vergrößert seyn, als die Brennweite des Glases D in der Brenn-

weite des Glases C enthalten ist. Diese beyden Vergrößerungen, zusammengenommen, machen die wahre Vergrößerung aus, welche alle vier Gläser hervorbringen.

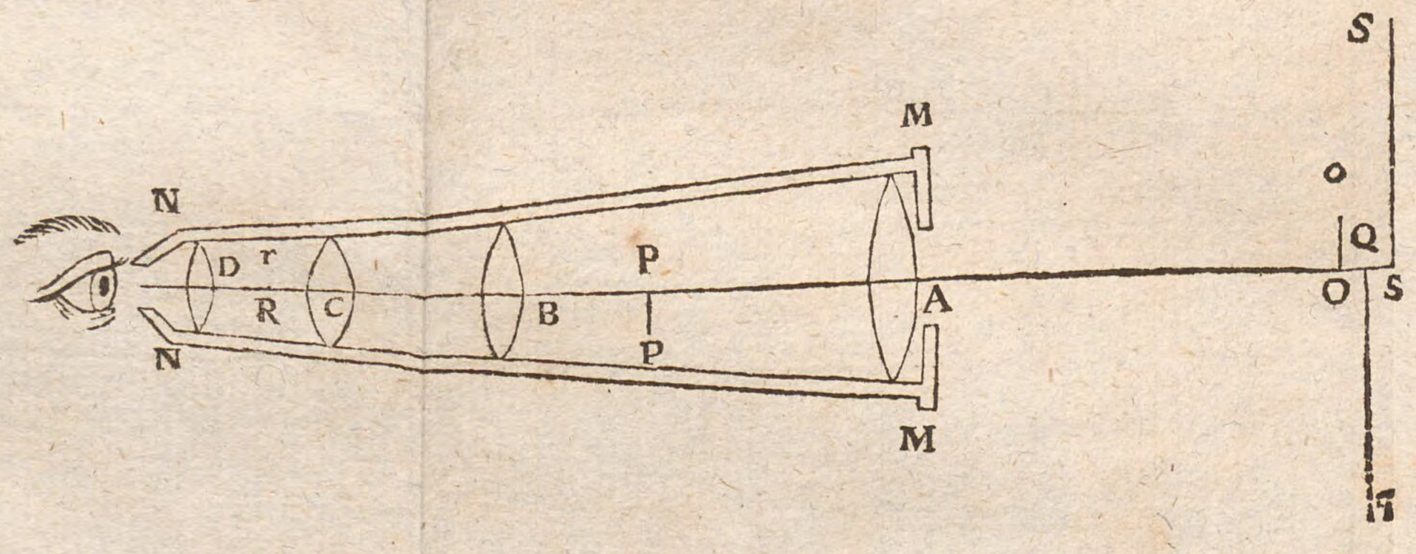
IX. Wenn also das erste Paar Gläser A und B zehnmal vergrößerte, und das andere Paar Gläser C und D dreymal: so würde das Fernrohr dreymal zehnmal, das ist, dreyßigmal, die Gegenstände vergrößern; und die Oeffnung des Objectivglases A muß sich nach dieser Vergrößerung richten, der Regel zufolge, die ich oben festgesetzt habe.

X. Daraus sehen Ew. Hoheit, daß, wenn man aus einem Erdfernrohr die beyden letzten Gläser C und D wegnimmt, man ein astronomisches Fernrohr haben wird, und daß auch die beyden Gläser C und D ein solches Fernrohr vorstellen, dergestalt, daß ein Erdfernrohr aus zwey astronomischen bestehet, oder zwey zusammengefügte astronomische Fernröhre ein Erdfernrohr ausmachen.

Diese Zusammensetzung ist demnach unendlicher Veränderungen fähig, unter denen eine der andern vorzuziehen ist, wie ich die Ehre haben werde in der Folge zu erklären.

den 6ten April 1762.

Zwey-


S
M
N
o
Q
D
r
P
R
C
B
A
O
S
N
P
M

Zweyhundert und zwey und zwanzigster Brief.

Ew. Hoheit haben gesehen, wie, wenn man zu einem astronomischen Fernrohr noch zwey convexe Gläser hinzufügt, daraus ein Erdfernrohr entsteht, welches uns die Gegenstände aufrecht vorstellet. Nun sind bey diesen vier Gläsern, aus welchen ein Erdfernrohr zusammengesetzt ist, unzählig viel Abänderungen möglich, sowohl in Absicht ihrer Entfernungen als ihrer Brennweiten. Ich will die wesentlichsten erklären. Die Figur steht bey Seite 320.

I. Was ihre Entfernungen betrifft, habe ich schon bemerkt, daß der Abstand der beyden ersten Gläser AB die Summe der Brennweiten ist, eben so, wie der Abstand der beyden letzten Gläser CD, weil ein jedes Paar als ein einfaches Fernrohr, das aus zwey convexen Gläsern zusammengesetzt ist, betrachtet werden kann. Aber wie groß soll die Entfernung der beyden mittlern Gläser B, C, seyn? Sollte sie wohl unserm Gutdünken überlassen seyn? Zum wenigsten ist so viel gewiß, daß die Vergrößerung immer dieselbe bleibt, man nehme die Entfernung groß oder klein, weil die gesammte Vergrößerung aus den beyden Vergrößerungen zusammengesetzt ist, die jedes Paar für sich allein hervorbringen würde.

II. Man darf aber nur blos die Erfahrung zu Rathe ziehen, um wahrzunehmen, daß, wenn man die beyden Mittelgläser sehr nahe zusammenrückt, das Gesichtsfeld fast gänzlich verschwindet, und daß eben dieses erfolgt, wenn man sie sehr weit aus einander stellt; denn wenn man in beyden Fällen das Fernrohr auf irgend einen Gegenstand richtet, so übersieht man nur einen sehr kleinen Theil davon.

III. Aus dieser Ursache bedienen sich die Künstler folgenden Mittels: sie nähern oder entfernen das letzte Paar Gläser vom ersten so lange, bis sie das größte Feld gefunden haben, und dann befestigen sie die Gläser darnach. Nun haben sie bey dieser Stellung, als der besten, bemerkt, daß die Weite der Mittelgläser BC immer größer ist, als die Summe der Brennweiten dieser beyden Gläser B und C.

IV. Ew. Hoheit werden leicht einsehen, daß diese Entfernung nicht von einem bloßen ungefähren Zufall abhängt, sondern daß sie von der Theorie bestimmet wird, und dieses weit genauer, als aus der bloßen Erfahrung. Es ist die Pflicht eines Naturkündigers, die Ursachen aller Erscheinungen aufzusuchen, welche die Erfahrung uns entdeckt. Ich will also die wahren Gründe erklären, woraus die vortheilhafteste Entfernung BC zwischen den beyden Mittelgläsern bestimmt wird. Man sehe Fig. 2. Seite 320.

V. Weil alle Stralen dem Auge zugeführt werden müssen, so wollen wir den Weg des Strals betrachten, der von dem Endpunkt o des sichtbaren Gegenstandes kommt, und durch die Mitte A des Objectivglases gehet; denn wenn dieser Stral nicht ins Auge gebracht wird, so wird das äußerste Ende o nicht sichtbar seyn. Nun leidet dieser Stral keine Brechung im Objectivglase, weil er durch dessen Mitte A gehet; er wird folglich seinen Weg in gerader Linie bis an das zweyte Glas fortsetzen, wo er auf dessen Spitze b fällt, weil er so der äußerste Stral ist, der durch die Gläser gehet.

VI. Dieser Stral, der durch das zweyte Glas gebrochen wird, verändert seinen Weg, so daß er irgendwo in n die Axe der Gläser trifft; er würde in den Brennpunkt dieses Glases fallen, wenn er vorher mit

der Axe parallel gewesen wäre; aber weil er vom Punkt A ausgehet, so wird sein Vereinigungspunkt mit der Axe in n weiter vom Glase B, als dessen Brennpunkt liegen.

VII. Jetzt muß man das dritte Glas C so stellen, daß der Stral, wenn er durch die Axe in n gegangen ist, auf das Glas C genau auf seine Spitze c falle; woraus man sieht, daß je größer die Oeffnung dieses Glases C ist, desto weiter man es vom Glase B zurückschieben müsse, damit die Entfernung BC desto größer werde; aber von der andern Seite muß man sich wohl in Acht nehmen, daß man das Glas C nicht zu weit abrücke, weil alsdann der Stral vorbey, und nicht mehr durch dieses Glas gehen würde; dieser Umstand bestimmet also die rechte Weite zwischen den beyden Mittelgläsern BC, womit die Erfahrung übereinkommt.

VIII. Das dritte Glas C wird eine neue Brechung in unserm Stral verursachen, welche ihn genau auf die Spitze d des letzten Augenglases D führen muß; und da dieses kleiner ist als das dritte C, so wird die Linie cd sich ein wenig gegen die Axe neigen, und wird also im letzten Glase eine solche Brechung leiden, daß sie dadurch die Axe noch vor dem Brennpunkte des Glases erreicht: und dieses ist genau der Ort, wo man das Auge hinstellen muß, sowohl um alle Stralen, die durch die Gläser gehen, zu erhalten, als auch um daselbst das größte Feld zu übersehen.

IX. Durch dieses Mittel ist man im Stande, sich ein Feld zu verschaffen, dessen Durchmesser fast zweymal größer ist, als in astronomischen Fernröhren, die eben so viel vergrößern. Man erhält also durch diese Fernröhre mit vier Gläsern außer dem Vortheile, daß die Gegenstände aufrecht vorgestellet werden, auch noch

diesen, daß das Feld größer wird, welches sehr wichtig ist.

X. Endlich ist es möglich, eine solche Einrichtung dieser vier Gläser zu machen, daß, ohne den Vortheilen, von welchen ich eben geredet habe, einen Abbruch zu thun, die Farben des Regenbogens gänzlich verschwinden, und die Gegenstände daselbst mit der größten Nettigkeit vorgestellt werden. Aber wenig Künstler sind fähig, diese Stufe der Vollkommenheit zu erreichen.

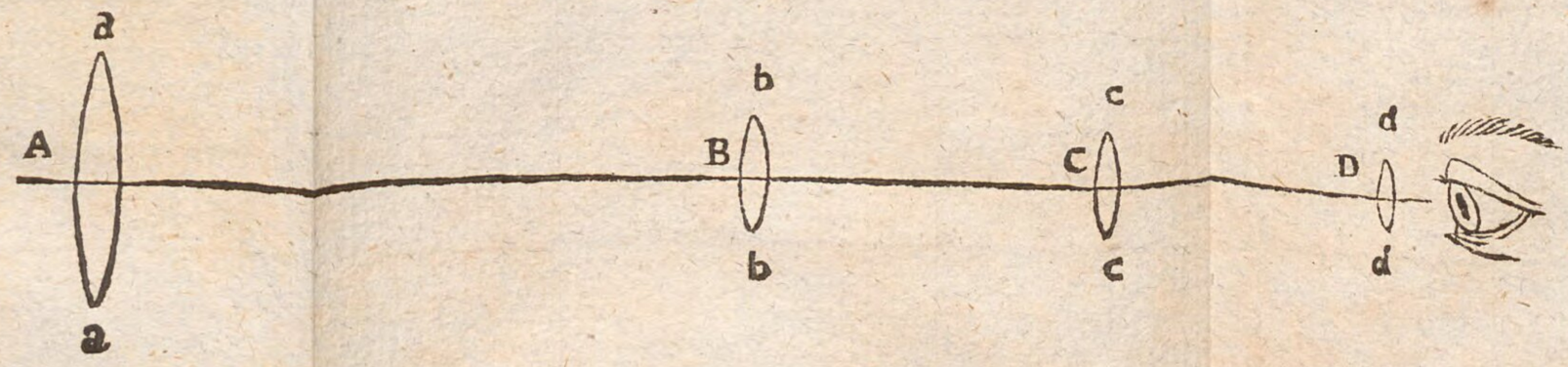
den 10ten April 1762.

Zweyhundert und drey und zwanzigster Brief.

Nach diesen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Fernröhre, muß ich Ew. Hoheit noch von einigen sehr nothwendigen Veranstaltungen unterrichten, welche, ob sie gleich weder die Gläser selbst, noch ihre Stellung betreffen, doch von großer Wichtigkeit sind, so daß, wenn man nicht recht sorgfältig darinn ist, das beste Fernrohr gänzlich unnütz wird. Es ist nicht genug, daß man die Gläser so ordnet, daß alle auffallende Stralen in das Auge kommen; sondern man muß über das auch verhindern, daß fremde Stralen nicht mit durch das Fernrohr gelassen werden, damit sie die Vorstellung nicht verwirren. Zu diesem Ende muß man folgende Maaßregeln nehmen:

I. Die Gläser, aus welchen ein Fernrohr zusammengesetzt ist, müssen zuerst in eine Röhre gefaßt werden, damit keine andere Stralen als diejenigen, welche durch das Objectivglas fallen, in die andern Gläser kommen können. Zu diesem Ende muß die Röhre allenthalben wohl zugemacht seyn, damit kein Licht durch einen Spalt hineinkommen könne. Wenn durch irgend einen Zufall die Röhren ein Loch bekämen, so würde das da hineinfallende

Figur 1.



Figur 2.

fallende fremde Licht die Vorstellung der Gegenstände verderben.

II. Es ist auch von großer Wichtigkeit, daß das Innere der Röhre gut schwarz gemacht sey, ja selbst eine recht dunkele Schwärze habe, weil man weiß, daß die schwarze Farbe keine Stralen zurückwirft, das Licht, das darauf fället, mag so stark seyn, als es will. Ew. Hoheit werden auch schon bemerkt haben, daß die Röhren inwendig geschwärzt sind. Eine einzige Betrachtung wird die Nothwendigkeit davon zeigen. Die Figur befindet sich bey Seite 322.

III. Das Objectivglas läßt nicht allein die Stralen der Gegenstände durch, welche das Fernrohr uns vorstellet, sondern auch die von den Seiten rund herum in großem Ueberfluß da hineinfallen; ein solcher ist der Stral h a, der auf die innere Fläche der Röhre in i hineinfällt; wenn nun die Röhre inwendig weiß wäre, oder auch eine andere Farbe hätte, so würde sie davon erleuchtet werden, und würde aus sich selbst andere Lichtstralen hervorbringen, die gleichfalls durch die andern Gläser gehen und das Sehen verwirren würden, indem sie sich mit den eigenen Stralen der Gegenstände vermischten.

IV. Aber wenn das Inwendige der Röhre mit einem recht dunkeln Schwarz angestrichen ist, so entstehen darinn keine neue Stralen, so hell es auch darinn seyn könnte. Diese Schwärze ist durch die ganze Röhre nothwendig, weil kein Schwarz so dunkel ist, das nicht irgend ein schwaches Licht hervorbringen sollte, wenn es erleuchtet wird; wenn also einige fremde Stralen durch das zweyte Glas B gehen sollten, so würde doch die dunkle Schwärze des folgenden Theils der Röhre sie leicht gänzlich verschlucken. Man hat auch ein glänzendes Schwarz, vor dessen Gebrauch man sich daher sehr in Acht nehmen muß.

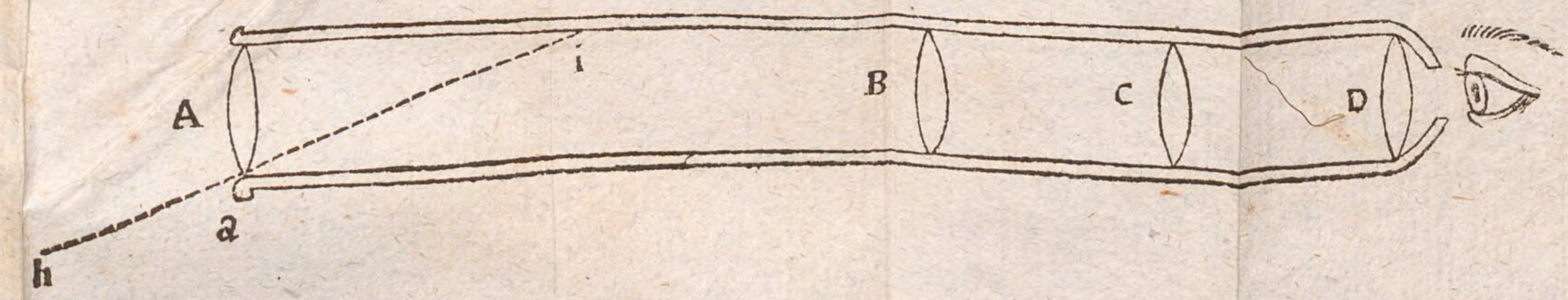
V. Aber gemeiniglich ist diese Vorsicht noch nicht hinreichend, man muß auch noch das Inwendige der Röhre mit einer oder zwey Blendungen versehen, die eine kleine Oeffnung bekommen, um das falsche Licht desto besser abzuhalten; aber man muß sich wohl in Acht nehmen, daß diese Blendungen keine Stralen der Gegenstände, welche uns das Fernrohr vorstellen soll, auffangen. Man sehe die nebenstehende zweyte Figur.

VI. Man muß die Stelle suchen, wo die eigenen Stralen der Gegenstände sich in der Röhre am engsten beysammen befinden; dieses geschieht nun in dem Orte, wo die Bilder in der Röhre vorgestellt werden, weil daselbst alle Stralen vereiniget sind. Nun stellt das Glas A das Bild in seinem Brennpunkt in M vor; man hat also nur die Größe dieses Bildes zu berechnen, und eine Blendung da vorzulegen, deren Oeffnung m m ihm gleiche, oder etwas größer sey. Denn wenn das Loch kleiner wäre als das Bild, so würde man etwas von dem Gesichtsfelde verlieren, welches ein großer Fehler wäre.

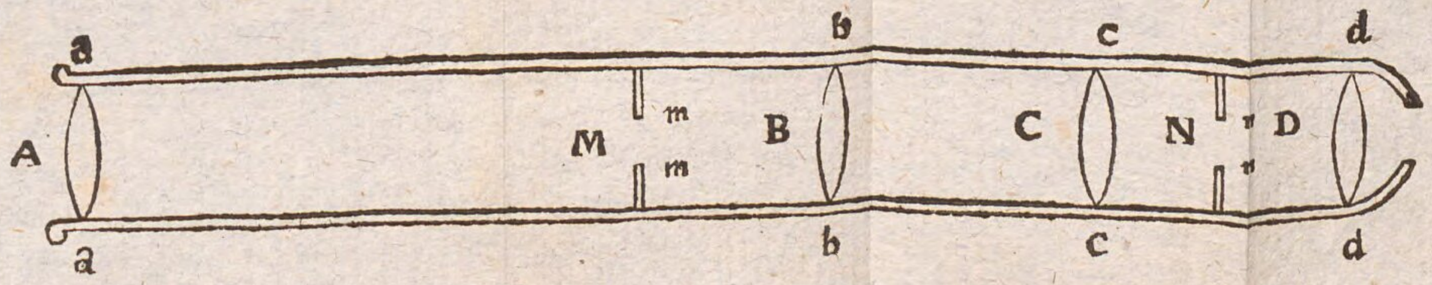
VII. Das ist es also, was bey der Blendung der astronomischen Fernröhre, welche aus zweyen convexen Gläsern zusammengesetzt sind, zu beobachten wäre. In den Erdfernröhren werden zwey Bilder in der Röhre vorgestellet. Außer dem ersten in M, welches durch das Objectivglas in seinem Brennpunkt vorgestellt wird, und welches das zweyte Glas B ins Unendliche entfernet, stellet das dritte Glas C noch ein Bild in seinem Brennpunkt N vor, welches aufrecht stehet, da jenes verkehrt ist. Man muß also in N noch eine neue Blendung anbringen, in welcher ein Loch n n, von der Größe des Bildes, das sich da befindet, ausgeschnitten werden muß.

VIII. Diese

Figur 1.



Figur 2.



VIII. Diese Blendungen sind mit der Schwärze im Inwendigen der Röhre für die Nettigkeit der Abbildung sehr vortheilhaft. Indessen muß man wohl beobachten, daß, je größer das Feld eines Fernrohrs ist, desto weniger man auf die Blendungen zu sehen habe; weil alsdenn die Bilder größer, und die Oeffnungen der Blendungen so groß werden müssen, daß sie die falschen Stralen nicht mehr abhalten können. Aber alsdenn muß man desto sorgfältiger das Inwendige der Röhre wohl schwärzen, und sie weiter machen; welches die widrige Wirkung, von der ich eben geredet, sehr verringert.

den 13ten April 1762.

Zweyhundert und vier und zwanzigster Brief.

Ew. Hoheit werden sich ohne Zweifel mit Vergnügen von der trockenen Theorie der Fernröhre befreyt sehen, welche fast keine andere Annehmlichkeit hat als diese, daß man dadurch die großen Entdeckungen begreift, die man mittelst dieser Werkzeuge gemacht hat.

Wie erstaunlich ist es, die entferntesten Gegenstände eben so gut zu sehen, als wenn sie hundert und mehrere mal näher wären, insbesondere, wenn es unmöglich ist, ihnen näher zu kommen, wie bey den Himmelskörpern; und Ew. Hoheit werden nicht zweifeln, daß man vermittelst der Fernröhre ganz außerordentliche Dinge an den Gestirnen hat entdecken müssen.

Wenn man den Mond hundertmal näher erblickt, als er sich wirklich befindet, so wird man sonderbare Ungleichheiten auf ihm bemerken, als Thäler und hervorragende Höhen, die durch ihre Regelmäßigkeit vielmehr Werke der Kunst, als Berge zu seyn scheinen. Daraus

nimmt man einen starken Beweisgrund, daß der Mond von vernünftigen Geschöpfen bewohnet sey, obgleich die Betrachtung der Allmacht des Schöpfers, in Verbindung mit der höchsten Weisheit und Güte, uns allein schon hievon hinreichend überzeuget.

Auf eben die Art hat man die wichtigsten Entdeckungen an den Planeten gemacht, welche uns mit bloßem Gesichte nur als leuchtende Punkte vorkommen; die aber, wenn man sie durch gute Fernröhre betrachtet, dem Monde gleichen, ja selbst noch größer erscheinen.

Was die Fixsterne betrifft, werden Ew. Hoheit sich nicht wenig wundern, wenn ich Ihnen versichere, daß selbst durch die besten Fernröhre, welche mehr als zweyhundertmal vergrößern, diese Sterne uns dennoch nur als Punkte, ja selbst noch kleiner als mit bloßem Gesichte vorkommen; eine Erscheinung, worüber man sich um so mehr wundern muß, weil es gewiß ist, daß das Fernrohr sie uns so vorstellet, als wir sie sehen würden, wenn wir ihnen zweyhundertmal näher wären. Sollte man nicht daraus schließen, daß die Fernröhre ihre Eigenschaft bey den Fixsternen verlören? Aber dieser Gedanke verschwindet, sobald man bedenket, daß die Fernröhre uns Millionen von kleinen Sternen entdecken, welche ohne sie unsern Augen gänzlich verborgen bleiben würden; auch sehen wir die Zwischenräume zwischen den Sternen ungemein vergrößert; und zwey Sterne, die dem bloßen Auge sich zu berühren scheinen, dürfen nur durch Fernröhre betrachtet werden, um einen beträchtlichen Raum zwischen ihnen zu bemerken, welches allein die Wirkung der Fernröhre hinlänglich beweiset.

Was ist denn aber die Ursache, daß die Fixsterne, wenn man sie auf eine solche Art betrachtet, uns sogar noch kleiner, als mit bloßen Augen, scheinen? Auf diese Frage zu antworten, bemerke ich zuerst, daß, wenn die

Fixsterne dem bloßen Auge größer scheinen, als sie es sollten, dieses von einem falschen beygemischten Lichte, welches von ihrem Glanz herrühret, verursachet wird. In der That, wenn die Stralen eines Sterns das Bild davon auf dem Boden des Auges auf der Netzhaut malen, so werden unsere Nerven nur in einem Punkt davon gerühret; aber durch die Stärke des Lichts werden die nebenan liegenden Nerven auch davon erschüttert, und bringen eben die Empfindung hervor, die man haben würde, wenn das Bild des auf der Netzhaut abgebildeten Gegenstandes viel größer wäre. Eben so gehet es uns, wenn wir ein sehr entferntes Licht in der Nacht sehen. Es scheinet uns gleichfalls viel größer, ja selbst größer als wenn wir es in der Nähe sehen: diese Vergrößerung wird nur durch einen falschen Schimmer verursachet. Je mehr nun ein Fernrohr vergrößert, desto mehr muß sich dieser Schimmer verringern, sowohl weil die Stralen einige Schwächung leiden, als weil das wahre Bild auf dem Boden des Auges größer wird, dergestalt, daß es nicht mehr ein einziger Punkt ist, der den ganzen Eindruck der Stralen aushält. Folglich, so klein uns die Sterne durch ein Fernrohr vorkommen, so kann man doch sicher behaupten, daß sie uns mit bloßem Auge noch kleiner erscheinen würden, wenn das zufällige falsche Licht nicht da wäre, und zwar so vielmal kleiner als das Fernrohr vergrößert.

Daraus folgt, daß, weil die Fixsterne nur als Punkte erscheinen, ohnerachtet sie zweyhundertmal vergrößert sind, ihre Entfernung überaus groß seyn müsse. Ew. Hoheit werden leicht einsehen, wie diese Entfernung sich schätzen lasse. Der Durchmesser der Sonne erscheinet uns unter einem Winkel von 32 Minuten: folglich wenn die Sonne 32mal weiter entfernt wäre, so würde sie unter einem Winkel von einer Minute, und also viel größer erscheinen,

als ein Stern, den man durch ein Fernrohr betrachtet, und dessen Durchmesser nicht über zwey Secunden, oder den dreyßigsten Theil einer Minute, gehet. Die Sonne müßte also noch dreyßigmal mehr, das ist, 960mal weiter seyn, ehe sie uns nicht größer, als ein durch Fernröhre betrachteter Stern, vorkäme. Nun sind die Sterne zweyhundertmal weiter von uns entfernt, als das Fernrohr sie uns vorstellet, und folglich müßte die Sonne zweyhundertmal 960, das ist, 192000mal entfernter seyn, als sie ist, ehe sie uns nicht größer als ein Fixstern erschiene. Wenn also die Fixsterne eben so große Körper als die Sonne wären, so müßte ihre Entfernung 192000mal größer seyn als die Entfernung der Sonne; wenn sie noch größer wären, so müßte ihr Abstand noch so vielmal größer seyn, und wenn man sie auch selbst vielmal kleiner annähme, so müßte doch ihr Abstand über tausendmal größer seyn als die Entfernung der Sonne. Die Entfernung der Sonne aber ist ohngefähr 15,000000 deutsche Meilen.

Ew. Hoheit werden ohne Zweifel diese erstaunliche Entfernung der Fixsterne und den ganzen Umfang der Welt nicht ohne die größte Verwunderung sich gedenken können. Wie groß muß nicht die Macht desjenigen seyn, der diese Unermeßlichkeit erschaffen hat, und der unumschränkter Herr davon ist! Lassen Sie uns Ihn mit der tiefsten Unterwerfung anbeten!

den 17ten April 1762.

Diese Erklärung des Blinkerns wird dadurch zweifelhaft, daß bey heiterer Luft die Sterne weniger blinkern als bey dicker, und in der Höhe am Himmel auch weniger als nahe am Horizont, da doch dort mehr Licht ins Auge fällt. Durch ein Fernrohr fällt wirklich von einem Sterne mehr Licht auf eine Stelle des Auges als ohne

daſſelbe. Denn der Vergrößerung ungeachtet, bleibt die Stelle im Auge, worauf das Bild eines durch ein Fernrohr betrachteten Sterns fällt, immer ein ſinnlicher Punkt. Inzwiſchen mag in dem Zittern der Nerven auf der Netzhaut, welches durch den Eindruck des Lichts erregt wird, dennoch der Grund des Blinkerns liegen. Vielleicht kömmt es auf die Stärke des Eindrucks an, ſo daß ein ſtarker Eindruck, wie auch ein ſchwacher, kein Zittern erregt (denn die Planeten blinkern gewöhnlich auch nicht); hingegen ein mäßiger ein Zittern der Nerven und damit ein Blinkern der Sterne mit einer Vergrößerung ihres Durchmeſſers hervorbringt.

Zweyhundert und fünf und zwanzigſter Brief.

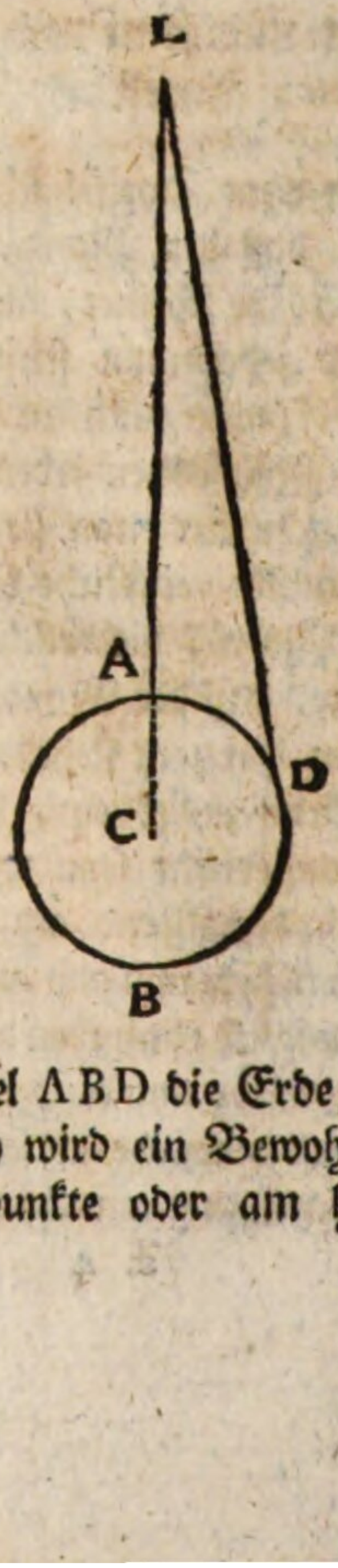
Ew. Hoheit werden ohne Zweifel ſchon die Bemerkung gemacht haben, daß der Mond, wenn er auf- oder untergeht, uns viel größer ſcheinet, als wenn er hoch am Himmel ſtehet; und jedermann ſtimmt damit überein. Eben daſſelbige bemerkt man auch an der Sonne. Dieſe Erſcheinung hat den Philoſophen jederzeit viel zu ſchaffen gemacht; und auf welche Art man ſie auch betrachtet, ſo findet man doch faſt unüberwindliche Schwierigkeiten.

Es würde ohne Zweifel lächerlich ſeyn, wenn man daraus ſchließen wollte, daß der Mondkörper wirklich gröſſer wäre, wenn er am Horizont ſtehet, als wenn er höher aufgegangen iſt. Denn außerdem, daß ein ſolcher Gedanke an ſich ſelbſt ungereimt ſeyn würde, ſo muß man bedenken, daß, wenn der Mond am Horizont ſtehet, er andern Erdbewohnern höher, und alſo auch kleiner erſcheinet. Es iſt alſo völlig unmöglich, daß eben derſelbe Körper zu einer und derſelben Zeit größer und auch kleiner ſeyn könne.

Faſt eben ſo lächerlich würde es ſeyn, wenn man zur Erklärung dieſer Erſcheinung annehmen wollte, daß der

Mond, wenn er am Horizont erscheinet, uns näher wäre, als wenn er höher gestiegen ist, weil es gewiß sey, daß uns ein Körper um desto größer vorkommt, je näher er uns ist; so wie Ew. Hoheit wissen, daß ein Körper uns desto kleiner scheinet, je weiter er von uns ist. Denn gerade aus dieser Ursache kommen uns die Sterne so außerordentlich klein vor, ohnerachtet ihre wahre Größe erstaunlich ist.

So wahrscheinlich aber auch dieser Gedanke scheinet, so kann er doch nicht statt haben. Es ist vielmehr gewiß, daß der Mond selbst ein wenig entfernter von uns ist, wenn er auf- oder untergehet, als wenn er höher stehet. Hier ist der Beweis davon:



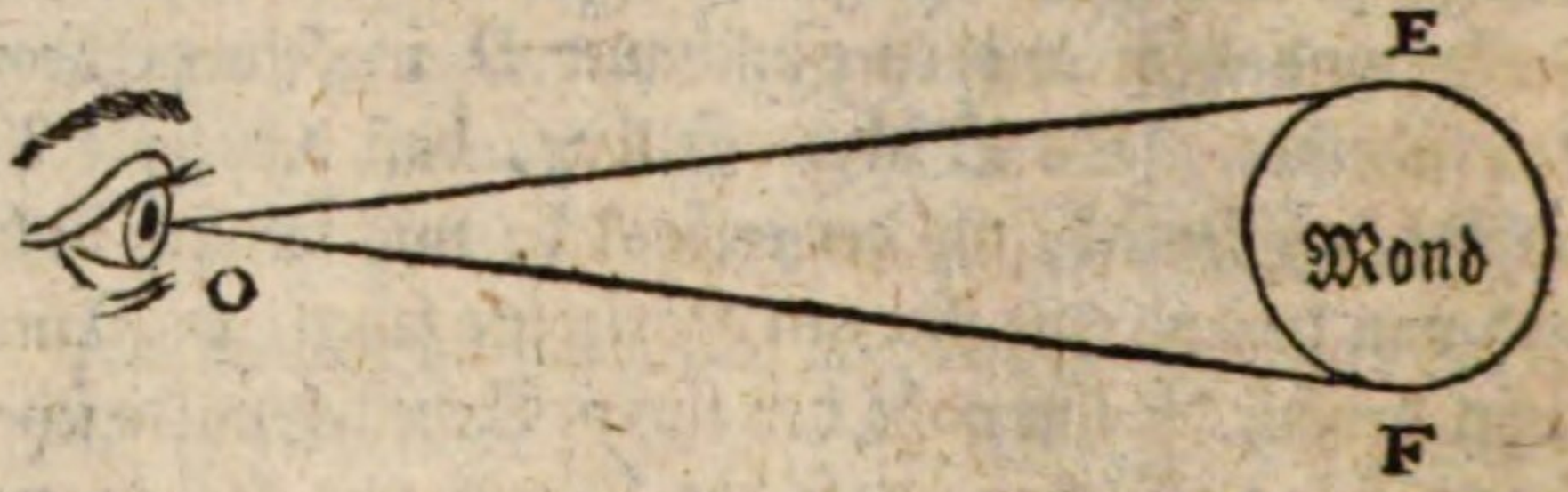
Es sey der Zirkel ABD die Erde, und der Mond stehe in L. Demnach wird ein Bewohner in A den Mond in seinem Scheitelpunkte oder am höchsten Punkte des Him-

Himmels sehen. Ein anderer Bewohner in D, wo die Linie D L die Oberfläche der Erde berühret, wird den Mond zu eben der Zeit in seinem Horizonte sehen, so daß der Mond zu gleicher Zeit dem Zuschauer A in seinem Scheitelpunkte und dem andern Zuschauer D in seinem Horizonte erscheinet. Es ist aber offenbar, daß der letzte Abstand D L größer ist, als der erste A L, und folglich ist der Mond von denen, die ihn am Horizonte sehen, entfernter, als von denen, die ihn nahe bey ihrem Scheitelpunkte sehen. Daraus folgt offenbar, daß der Mond uns kleiner vorkommen müßte, wenn er am Horizonte stehet, weil er alsdenn in der That entfernter von uns ist, als wenn er hoch gestiegen ist. Man muß sich also um desto mehr wundern, weil wir vollkommen das Gegentheil bemerken, und weil uns der Mond selbst alsdenn viel größer vorkommt, wenn er nahe am Horizont ist, als wenn er mitten am Himmel stehet.

Je mehr man also über diese Erscheinung nachdenkt, desto sonderbarer findet man sie, und desto mehr verdient sie unsere Aufmerksamkeit, weil es gewiß ist, daß uns der Mond am Horizonte kleiner vorkommen sollte, indem er alsdenn wirklich entfernter ist, und die ganze Welt einmüthig behauptet, daß der Mond alsdenn beträchtlich größer scheinet. Dieser Widerspruch fällt in die Augen, und scheint sogar alle festgesetzten Grundsätze der Optik umzuwerfen, die doch nichts desto weniger eben so gut bewiesen sind als die geometrischen.

Ich glaube, die Verlegenheit, in der wir uns hierüber befinden, in ihr ganzes Licht gesetzt zu haben, um Ew. Hoheit die Wichtigkeit der wahren Auflösung dieser großen Schwierigkeit desto begreiflicher zu machen. Ohne mich in die Untersuchung dieser allgemeinen Meynung aller Menschen über die ausnehmende Größe des Mondes am Horizonte einzulassen, will ich bey der vor-

nehmsten Frage stehen bleiben: ob es auch wahr ist, daß der Mond, wenn er dem Horizonte nahe ist, uns in der That größer erscheint.



Ew. Hoheit wissen, daß man sehr sichere Mittel hat, die Durchmesser der Himmelskörper genau zu messen, indem man die Zahl der Grade und Minuten angiebt, die sie an dem Himmel einnehmen: oder, welches auf eins herauskommt, wenn man den Winkel E O F misset, welchen die Linien E O und F O, die von beyden gegenüberstehenden Enden des Mondes gezogen sind, dem Auge des Zuschauers O machen; und dieser Winkel E O F heißt der scheinbare Durchmesser des Mondes. Man hat auch Werkzeuge, womit man diesen Winkel genau messen kann; und wenn man sich derselben bedienet, um den Durchmesser des Mondes, wenn er aufgehet, und wenn er sich hoch am Himmel befindet, auszumessen, so findet man wirklich seinen Durchmesser in dem erstern Fall ein wenig kleiner als im andern, vollkommen so, wie es die Ungleichheit der Entfernungen erfordert. Dieses ist also keinem Zweifel unterworfen; aber es vergrößert sich dadurch vielmehr unsre Schwierigkeit, anstatt verringert zu werden; und man wird nun mit desto größerer Begierde fragen, warum denn die ganze Welt den Mond beym Auf- und Untergang für größer hält, ohnerachtet sein scheinbarer Durchmesser alsdenn wirklich kleiner ist? und welches denn die Ursache dieser allgemeinen Verblendung sey, welcher alle Menschen, keinen ausgenommen, unterworfen sind? Der Sternkundige, welcher vollkommen weiß,

daß der scheinbare Durchmesser des Mondes alsdenn kleiner ist, wird eben sowohl, als der unwissendste Bauer, davon hintergangen.

den 20ten April 1762.

Der Mond scheint, wie mir es deucht, am Horizonte uns näher, als wenn er höher am Himmel steht; und wenn dieses wahr ist, so fällt die ganze hier gegebene Erklärung weg. Der Himmel kömmt uns allerdings wie ein gedrücktes Gewölbe vor, aber nicht weil die Gestirne am Horizonte matter und daher entfernter aussehen, sondern weil wir längst dem Horizonte hin viele Gegenstände, über uns nichts als unmittelbar die Lufttheilchen erblicken. Die Luft, so viel wir davon erblicken, macht auch wirklich kein Kugelgewölbe, sondern nur eine beynahe platte Decke über der Erdfläche aus, die unser Gesicht übersehen kann.

Ich glaube, daß wir Sonne und Mond deswegen am Horizonte größer halten, weil wir ihre scheinbare Größe mit der Größe anderer Körper am Horizonte oder auf der Ebene vergleichen. Diese Körper, als Häuser, Bäume u. d. gl. scheinen uns in der Entfernung wirklich größer als sie nach dem Sehewinkel scheinen sollten, weil wir die Vorstellung, die wir uns bey einer deutlichen Betrachtung von ihnen machen, mit hineinbringen. Dieses wird nachher auf die Sonne und den Mond auch ausgedehnt, die uns wegen ihrer scheinbar vergrößerten Größe am Horizonte zugleich näher scheinen.

Zweyhundert und sechs und zwanzigster Brief.

Ew. Hoheit sollten wohl nicht geglaubt haben, daß blos die Art, wie der Mond sich dem Auge darstellt, so vielen Schwierigkeiten unterworfen wäre; aber ich hoffe, sie alle durch folgende Betrachtungen zu heben.

I. Es ist nichts sonderbares, daß unser Urtheil über die Größe der Gegenstände nicht mit dem Sehwinkel, unter welchem wir sie wahrnehmen, übereinstimmet; die tägliche Erfahrung giebt uns Proben genug davon. Z. E. eine Katze, die zunächst vor mir stehet, stellet sich unter einem größern Winkel vor, als ein Ochse in der Entfernung von 100 Schritten; indessen werde ich mir doch nicht einfallen lassen, die Katze für größer als den Ochsen zu halten. Auch werden Ew. Hoheit sich erinnern, daß unser Urtheil über die Größe der Dinge immer mit dem Urtheil über die Entfernung genau verbunden sey, so daß, wenn wir in der Meynung von der Entfernung irren, unser Urtheil über die Größe nothwendig auch falsch wird.

II. Ich will dieses noch besser aufklären. Es geschiehet bisweilen, daß eine Fliege vor unsern Augen schnell vorbeyfliegt, ohne daß wir daran denken, wenn unsere Augen auf entfernte Gegenstände gerichtet sind. Wir stellen uns gleich vor, daß die Fliege sehr weit von uns entfernt sey, und weil sie uns unter einem ziemlich beträchtlichen Winkel erscheinet, so halten wir sie den Augenblick für einen Adler oder andern großen Vogel, der uns in der Entfernung unter eben dem Winkel erscheinen würde. Es ist also unwidersprechlich gewiß, daß unser Urtheil von der Größe der Gegenstände sich nicht nach dem Sehwinkel, unter welchem wir selbige sehen, richtet, und daß ein sehr großer Unterschied zwischen der scheinbaren und der muthmaßlichen oder vermeynten Größe der Gegenstände ist:

die

die erste richtet sich nach dem Sehwinkel; die andere aber hängt von der Entfernung ab, welche wir den Gegenständen zuschreiben.

III. Dieser Anmerkung zufolge sollten wir nicht sagen, wir sähen den Mond größer am Horizont als in einer gewissen beträchtlichen Höhe. Dieses ist ganz falsch; wir sehen ihn sogar etwas kleiner. Aber, um richtig zu reden, müssen wir sagen, daß wir den Mond nur für gröſser halten, wenn er sich am Horizont befindet; und dieses ist im buchstäblichen Verstande nach der Uebereinstimmung aller Menschen wahr. Diese Bemerkung ist hinreichend, den oben angezeigten Widerspruch zu heben; und nichts hindert, daß der Mond bey seinem Auf- oder Untergange für größer gehalten werden kann, ob er gleich unter einem kleinern Winkel gesehen wird.

IV. Es ist also nicht mehr die Frage, warum wir den Mond am Horizont größer sehen; als welches ohne Zweifel unmöglich seyn würde, indem er uns wirklich kleiner erscheinet, wovon man sich durch die Messung des Sehwinkels versichern kann; sondern die ganze Schwierigkeit schränkt sich nunmehr auf diese Frage ein, warum wir den Mond alsdenn für größer halten. Die Ursache dieser sonderbaren Schätzung ist es, die wir angeben sollen. Eigentlich ist zwar nichts sonderbares bey der Sache, weil wir tausend Fälle wissen, wo wir die Gegenstände für sehr groß halten, ohnerachtet wir sie unter sehr kleinen Winkeln sehen.

V. Es ist nun nicht mehr schwer auf die Frage zu antworten. Wir dürfen nur sagen, daß wir den Mond für entfernter von uns halten, wenn er auf- oder untergehet, als wenn er auf eine gewisse Höhe gekommen ist. Ist es richtig, daß wir so urtheilen, die Ursache davon mag auch seyn, welche sie will, so folgt daraus nothwendig, daß wir auch den Mond für desto größer halten müs-

müssen. Denn allezeit, je entfernter wir einen Gegenstand glauben, desto größer schätzen wir ihn auch, und dieses genau nach einerley Verhältniß. Sobald ich mir vorstelle, durch welche Täuschung es auch immer sey, daß die Fliege, die vor meinen Augen vorbeyfliegt, hundert Schritte von mir entfernt sey, so bin ich fast wider meinen Willen gezwungen, sie für eben so vielmal größer zu halten, als hundert Schritte die wahre Entfernung übertreffen.

VI. Wir sind also nun auf eine neue Frage gerathen: Warum halten wir den Mond für entfernter von uns, wenn er am Horizont ist? und warum ist diese Einbildung so allgemein, daß niemand davon ausgenommen ist? Es ist ein seltsamer Betrug, sich vorzustellen, daß der Mond alsdenn viel weiter von uns sey. Wahr ist es, daß er alsdenn in der That ein wenig weiter von uns ist, wie ich in meinem vorhergehenden Briefe gezeigt habe; aber der Unterschied ist doch unmerklich klein. Ueberdies scheint uns die Sonne nicht weiter entfernt zu seyn, als der Mond, ob sie gleich hundertmal weiter ist als er; und unser Auge setzet selbst die Fixsterne fast in eine gleiche Entfernung.

VII. Obgleich also der Mond, wenn er am Horizont stehet, wirklich ein wenig weiter ist, so kommt doch dieser Umstand bey der gegenwärtigen Frage nicht in Betracht; und diese allgemeine Meynung, daß jedermann den Mond alsdenn für entfernter hält, als er es wirklich ist, muß auf ganz andere Ursachen, die jedermann zu hintergehen fähig sind, gegründet seyn; denn weil diese Meinung ungezweifelt falsch ist, so müssen die Ursachen, die uns dazu verleiten, sehr dringend seyn.

VIII. Die Ursache, daß wir den Mond für entfernter halten, wenn wir ihn am Horizont sehen, haben viele Philosophen

losophen darinn gesucht, daß wir alsdenn viele Gegenstände zwischen uns und dem Monde entdecken, als z. E. Städte, Dörfer, Wälder und Berge, welches, nach ihrer Meynung, verursacht, daß uns der Mond alsdenn viel weiter vorkommt; da wir hingegen, wenn er sehr hoch stehet, keinen Körper zwischen uns und ihm bemerken; und also, sagen sie, muß er uns viel näher scheinen. Aber so sinnreich auch diese Erklärung dem ersten Anblick nach scheinet, so kann man ihr doch nicht beytreten. Man darf nur den Mond am Horizont durch ein Loch, das uns die dazwischen liegenden Gegenstände verbirgt, betrachten: so bleibt er uns dem ohnerachtet noch eben so groß. Ueberdies ist es gleichfalls ungegründet, daß wir die Gegenstände, zwischen welchen wir viele andere Körper entdecken, allezeit für entfernter halten. Z. E. ein großer ganz leerer Saal scheint uns gewöhnlich viel größer zu seyn, als wenn er mit Leuten angefüllt ist, der Vielheit der Gegenstände ohnerachtet, welche wir zwischen uns und den Wänden sehen.

den 24ten April 1762.

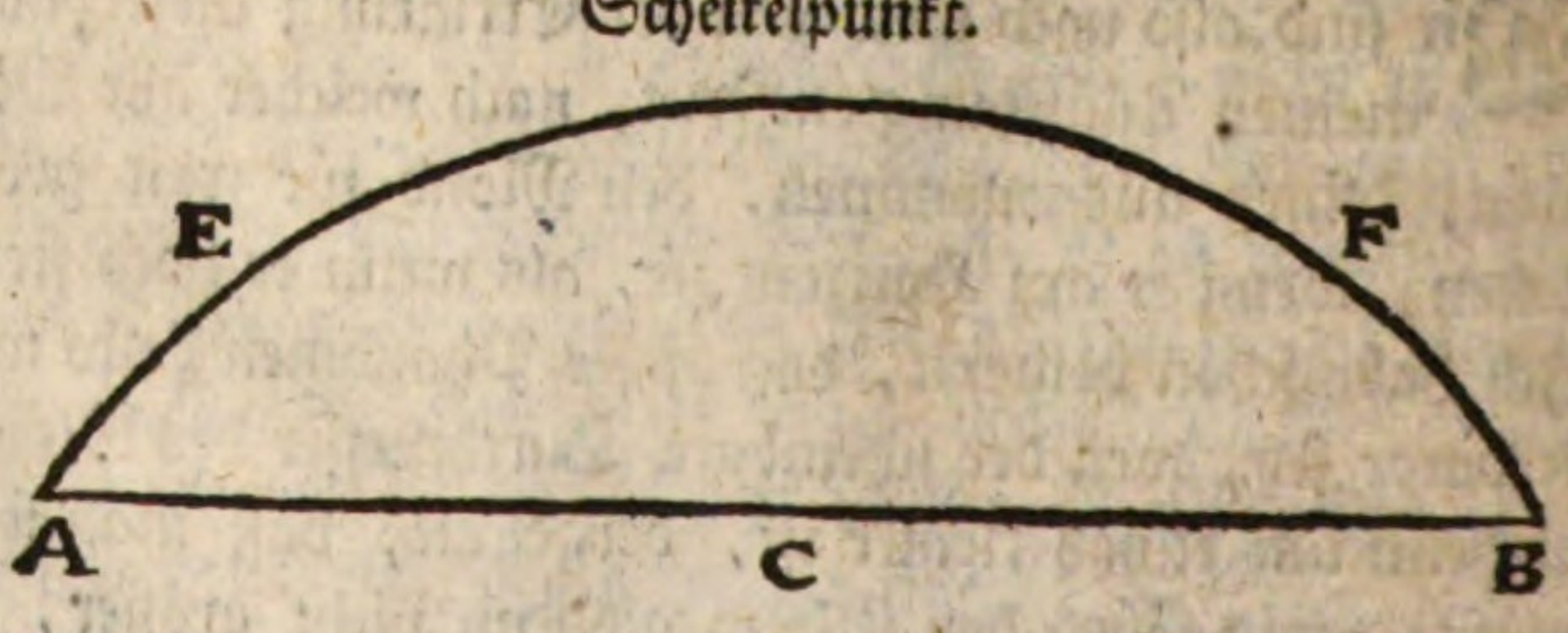
Zweyhundert und sieben und zwanzigster Brief.

Wir sind also noch weit von der Erklärung dieser allgemeinen Täuschung entfernt, nach welcher alle Menschen, keinen ausgenommen, den Mond für weit größer halten, wenn er am Horizont ist, als wenn er hoch stehet. Ich habe schon bemerkt, daß dieses Phänomen desto wunderbarer sey, weil der scheinbare Durchmesser des Mondes alsdenn um etwas kleiner ist, dergestalt, daß man sagen müßte, wir sähen den Mond alsdenn nicht größer, sondern wir hielten ihn nur für größer.

Ich

Ich habe ebenfalls bemerkt, daß wir uns eine Sache oft ganz anders vorstellen, als wir sie wirklich sehen. Wir pflegen z. E. ein Pferd, das 100 Schritt von uns entfernt ist, für größer zu halten, als einen Hund, der nur einen Schritt weit von uns ist, ohnerachtet die scheinbare Größe des Hundes unstreitig größer ist als jene, oder welches auf eins herauskommt, ohnerachtet das Bild des Hundes, das auf dem Boden unsers Auges abgebildet ist, da mehr Raum einnimmt, als das Bild des Pferdes. In diesen Fällen sieht unser Urtheil auf die Entfernung; und da wir das Pferd für viel weiter halten als den Hund, so ist das die wahre Ursache, warum wir es auch für größer halten.

Es ist demnach sehr wahrscheinlich, daß ein ähnlicher Umstand bey der Betrachtung des Mondes statt finde, und daß wir ihn am Horizont für größer halten, als wenn er hoch stehet; nur mit dem Unterschiede, daß bey dem Exempel vom Pferde das Urtheil von der Entfernung richtig war, das aber hier offenbar falsch und eine sehr wunderliche Einbildung ist, die aber doch einen gewissen Grund haben muß, weil die ganze Welt darinn übereinstimmet, und weil man sie nicht einem bloßen Eigensinne zuschreiben kann. Was das für ein Grund sey, werde ich jetzt Ew. Hoheit vortragen.



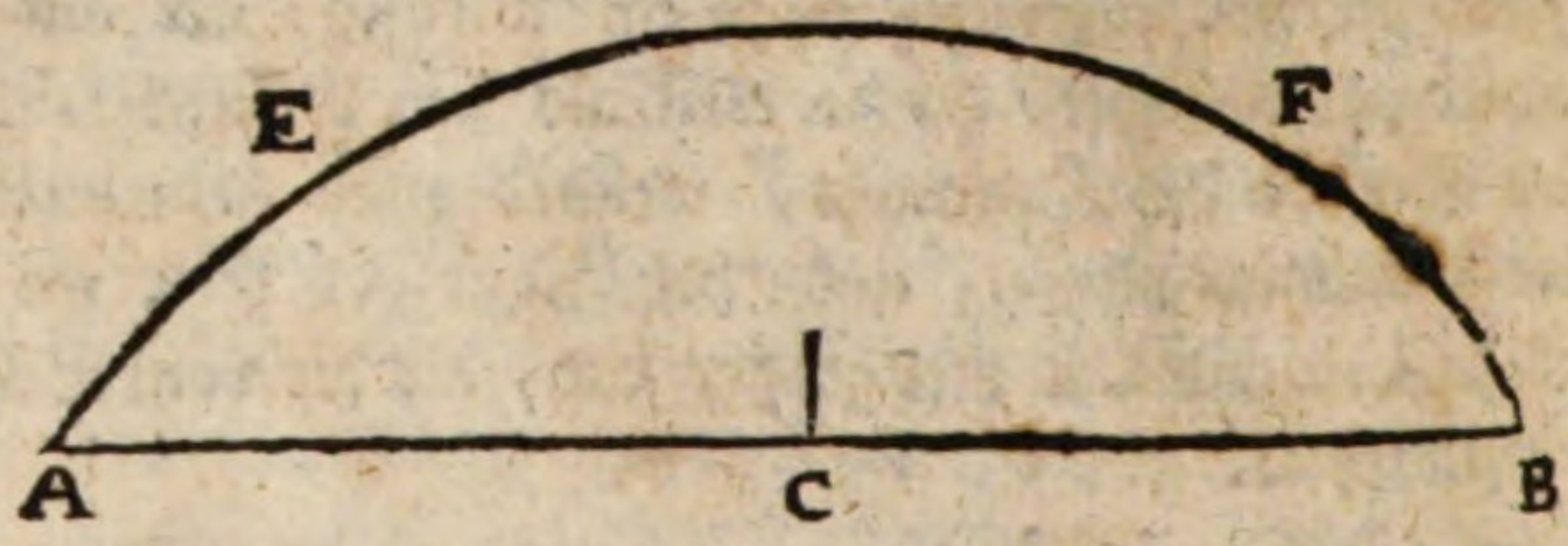
I. Zuerst stellt sich jedermann den blauen Himmel als ein gedrücktes Gewölbe vor, dessen Gipfel uns weit

näher

näher ist, als das Untertheil, wo es mit dem Horizont zusammenstößt. Folglich sieht ein Mensch, der auf einer Ebene AB stehet, die so weit als sein Gesicht reichet, das Gewölbe des Himmels, welches man gemeiniglich das Firmament nennet, unter der Figur AEFB, wo die Weiten CA und CB viel größer sind, als die vom Scheitelpunkt bis C.

II. Diese Vorstellung ist gleichfalls unwidersprechlich eine grobe Täuschung, weil nichts über uns ist, das von einem Gewölbe eingeschränkt oder eingeschlossen wäre. Alles ist vielmehr daselbst leer, und die Größe dieses Leeren ist unendlich, weil sie bis an die entferntesten Fixsterne gehet, deren Entfernung unsere ganze Einbildungskraft übersteiget. Verzeihen Ew. Hoheit mir dieses Wort **Leere**, dessen ich mich nur bediene, um es den groben irrdischen Körpern entgegen zu setzen. Denn in der That nimmt unsere Atmosphäre den Raum nahe bey der Erde ein; und weiter davon ist es die viel feinere Materie, welche man den **Aether** nennet; mithin giebt es eigentlich kein **Leeres**.

III. So eingebildet unterdessen dieses Gewölbe an sich selbst ist, so ist es doch für unsere Einbildungskraft wirklich da, und alle Menschen, die gelehrten sowohl als die unwissenden, betrügen sich in diesem Stücke auf gleiche Weise. Fast an der Oberfläche dieses Gewölbes stellen wir uns die Sonne und den Mond mit allen Sternen vor, als wenn es glänzende daselbst eingeschlagene Nägel wären; und so gut wir auch das Gegentheil wissen, können wir uns doch nicht von dieser falschen Einbildung losmachen.

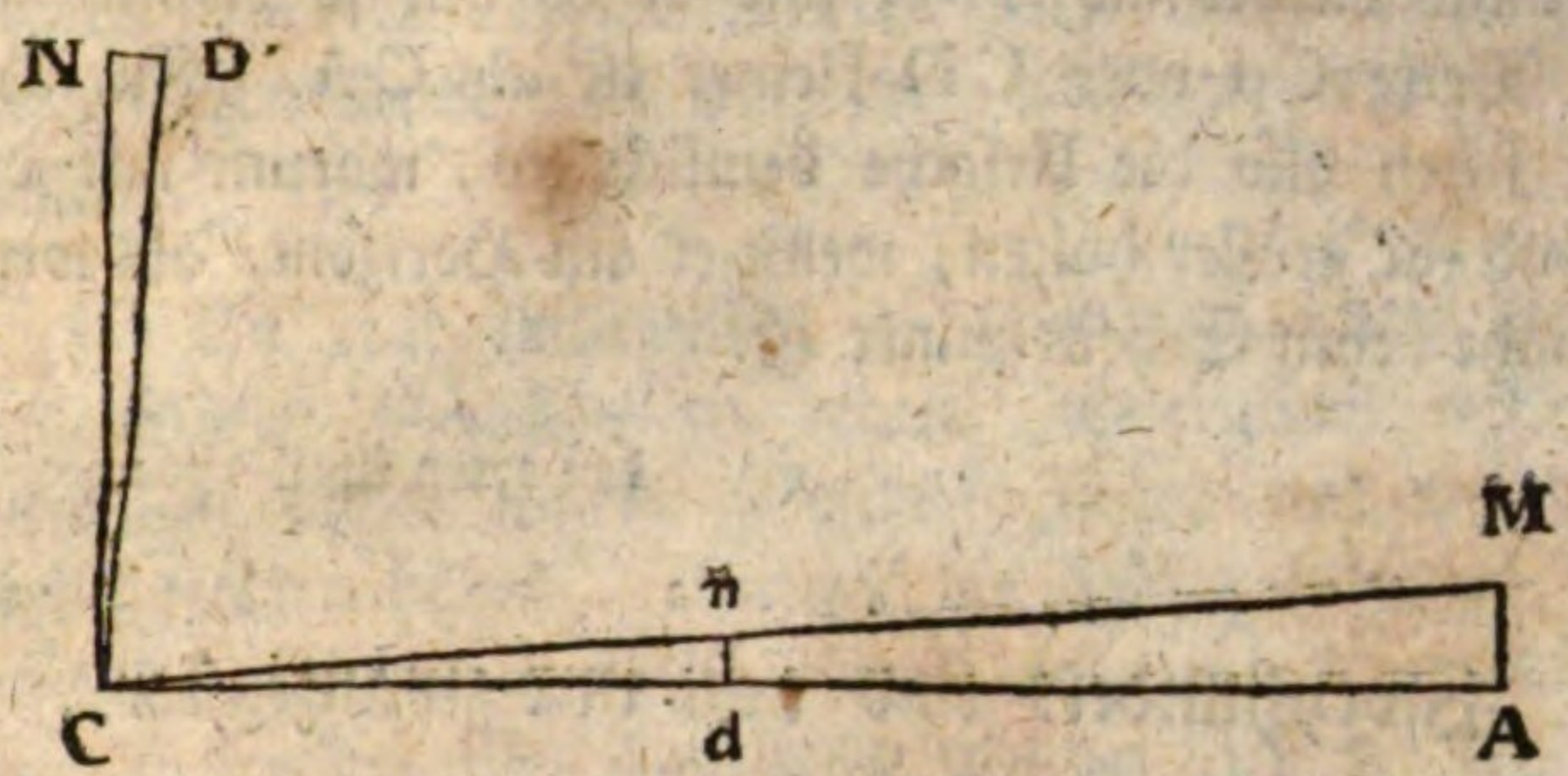


IV. Dieses vorausgesetzt, bringen wir den Mond, wenn er sich am Horizont befindet, in unsrer Einbildung auf den Punkt A oder B des gedachten eingebildeten Gewölbes; und daher halten wir alsdenn seinen Abstand für desto größer, je größer wir die Linie CA oder CB als die von C zum Scheitelpunkte halten. Wenn aber der Mond höher steigt, und sich dem Scheitelpunkt nähert, so glauben wir, daß er sich uns nähert; und wenn er den Scheitelpunkt erreichte, so würden wir alsdenn seinen Abstand für noch kleiner halten.

V. Dieser Irrthum über die Entfernung zieht nothwendig auch den andern über die Größe nach sich. Weil der Mond, wenn er nach A versetzt wird, uns viel weiter von C scheinet, als wenn er im Scheitelpunkte wäre: so sind wir auf einige Weise gezwungen, daraus zu schließen, daß der Mond selbst desto größer sey; und dieses in eben dem Verhältniß, als die Weite CA die Entfernung des Scheitelpunktes zu übertreffen scheinet. Vielleicht werden nicht alle Menschen über dieses Verhältniß einig seyn; der eine wird sagen, daß der Mond am Horizont ihm zweymal größer scheine, ein anderer dreymal, und die mehresten werden sich für ein Mittel zwischen zwey und drey erklären; in der Sache selbst aber werden sie alle übereinstimmen.

VI. Bey dieser Gelegenheit wird es schicklich seyn, Ew. Hoheit den Beweis dieser Folgerung vorzulegen, wie

wie das Urtheil von der Größe nothwendig von der Schätzung der Entfernung abhange.



Wenn der Mond nahe beym Horizont ist, so sehen wir ihn unter einem gewissen Winkel, der MCA seyn mag, wenn der Zuschauer in C stehet; und wenn er hoch gestiegen ist, so sey NCD der Winkel, unter welchem wir ihn sehen. Nun ist es sehr gewiß, daß die beyden Winkel MCA und NCD einander beynahe gleich sind, weil der Unterschied unmerklich ist.

VII. Aber im ersten Falle, da wir den Mond für viel entfernter halten, indem wir ihn an das oben beschriebene eingebildete Gewölbe versetzen, so sey die Linie CA die eingebildete Entfernung des Monds; und daraus wird folgen, daß wir den Durchmesser des Monds der Linie MA gleich halten. Aber im andern Fall scheint uns der Abstand des Monds CD viel kleiner, und folglich wird, weil der Winkel NCD dem Winkel MCA gleich ist, die scheinbare Größe DN auch viel kleiner seyn als AM.

VIII. Um keinen Zweifel übrig zu lassen, darf man nur die Linien Cd und Cn den Linien CD und CN gleich abschneiden; und weil in den beyden Triangeln Cdn und CDN die Winkel bey C sich gleich sind, so

sind es die Triangel selbst auch, und folglich wird die Linie DN der Linie dn gleich seyn. Nun ist dn augenscheinlich kleiner als AM, und dieses um so vielmal als die Weite Cd oder CD kleiner ist als CA. Ew. Hoheit sehen also die Ursache deutlich ein, warum wir den Mond für größer halten, wenn er am Horizont, als wenn er nahe beym Scheitelpunkt ist.

den 27ten April 1762.

Zweyhundert und acht und zwanzigster Brief.

Ew. Hoheit werden mir ohne Zweifel vorhalten, daß ich Ihnen eine falsche Einbildung durch eine andere nicht weniger wunderbare erklärt habe. Sie werden mir einwenden, daß das eingebildete platte Gewölbe des Himmels eben so unbegreiflich ist, als die scheinbare Vergrösserung des Monds und der andern Sterne am Horizont. Dieser Einwurf ist nur allzusehr gegründet, und es ist meine Schuldigkeit, Ew. Hoheit durch nachfolgende Betrachtungen die wahre Ursache zu erklären, warum der Himmel uns unter der Gestalt eines gedrückten Gewölbes erscheint.

I. Zur Ursache dieses eingebildeten Gewölbes kann man freylich nichts anders angeben, als daß die Himmelskörper, die wir nahe am Horizont sehen, uns entfernter scheinen, als diejenigen, welche wir nahe am Scheitelpunkte sehen; und dieses ist ohne Zweifel eine förmliche petitio principii, welche die Logiker mit Recht als einen unausstehlichen Fehler im Schließen verwerfen. In der That, nachdem ich oben gesagt habe, daß das eingebildete Gewölbe des Himmels die Ursache ist, welche uns den Mond am Horizont entfernter vorstellt, als wenn

er

er nahe am Scheitelpunkt ist: so würde es jetzt lächerlich seyn, zu sagen, daß die Ursache, warum wir uns ein solches Gewölbe vorstellen, diese sey, weil die horizontalen Gegenstände uns entfernter scheinen, als die verticalen.

II. Es war unterdessen nicht unnütz, von diesem eingebildeten Gewölbe zu reden, ohnerachtet wir dadurch um nichts weiter gekommen sind; und wenn ich werde erklärt haben, warum die Himmelskörper uns entfernter scheinen, wenn wir sie nahe am Horizont sehen, so werden Ew. Hoheit zu gleicher Zeit die Ursache dieser doppelten allgemeinen Einbildung einsehen, deren eine die scheinbare Vergrößerung der Himmelskörper am Horizont, und die andere das gedrückte Gewölbe des Himmels ist.

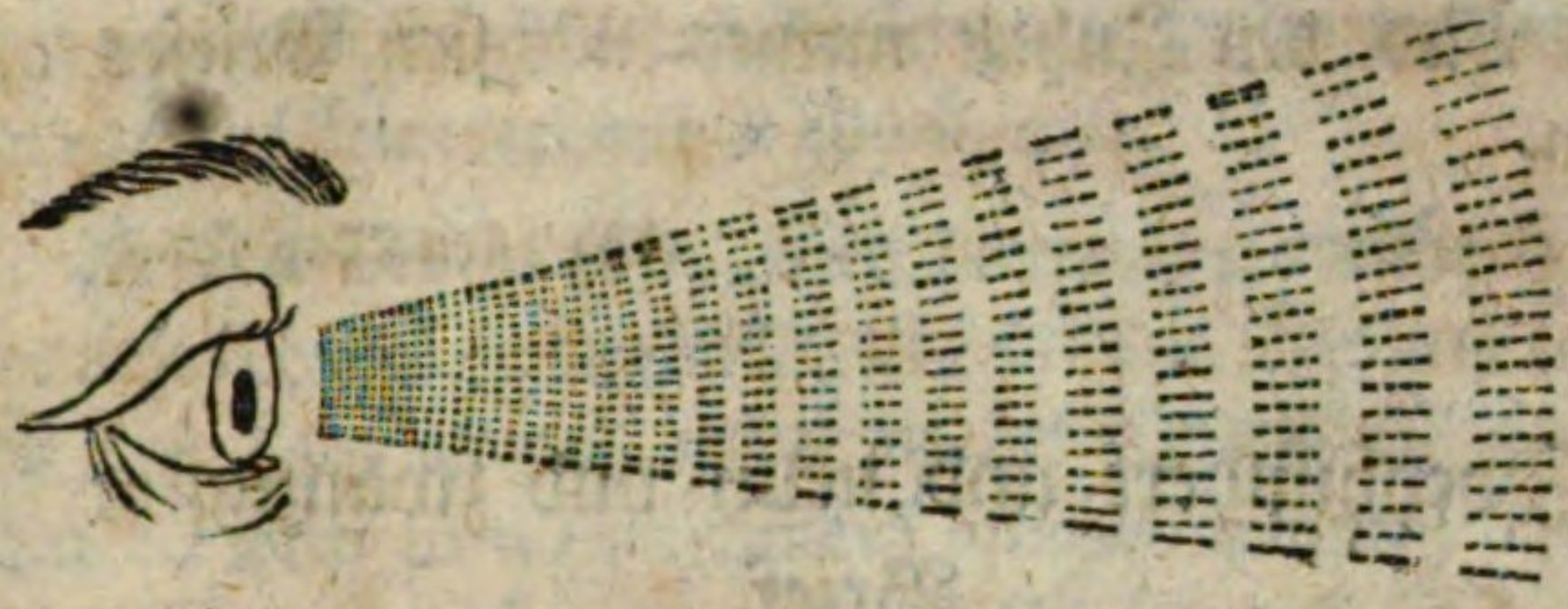
III. Es kommt also alles darauf an, zu erklären, warum die Himmelskörper entfernter scheinen, wenn sie am Horizont stehen, als wenn sie eine beträchtliche Höhe erreicht haben. Ich sage jetzt, daß die Ursache davon ist, weil diese Gegenstände uns weniger glänzend scheinen; und dieses legt mir ein doppeltes Geschäffte auf, zu zeigen, warum diese Gegenstände einen geringern Glanz am Horizonte haben, und zu erklären, wie dieser Umstand das Urtheil von einer größern Entfernung nothwendig nach sich ziehe. Ich hoffe, sowohl das eine als das andere zu Ew. Hoheit Befriedigung auszuführen.

IV. Zuerst kann das Phänomen selbst nicht in Zweifel gezogen werden. So groß auch der Sonne Glanz um Mittag ist, dergestalt daß niemand seine Augen auf sie richten kann: so wissen Ew. Hoheit dennoch, daß man am Morgen oder Abend, wenn die Sonne auf- oder untergehet, sie ohne Gefahr für das Gesicht ansehen kann; und eben dieses geschiehet bey dem Mond und allen Ster-

nen, deren Glanz sehr geschwächt ist, wenn sie nahe am Horizonte sind. Die kleinsten Sterne sieht man darum gar nicht einmal, wenn sie nur wenig über den Horizont erhoben sind; da man sie doch deutlich genug sieht, wenn sie eine etwas beträchtliche Höhe erreicht haben.

V. Da diese Sache klar genug ist, so kommt es nur darauf an, die Ursache dieser Schwächung des Lichts zu entdecken. Es ist deutlich genug, daß wir sie in der Beschaffenheit unseres Dunstkreises, oder der Luft, welche die Erde umgiebt, suchen müssen, in so weit als sie nicht vollkommen durchsichtig ist. Denn wenn die Luft vollkommen durchsichtig wäre, dergestalt, daß alle Stralen ohne Verringerung durchgiengen, so ist kein Zweifel, daß die Gestirne mit einerley Glanz schimmern müßten, an welchem Ort des Himmels sie sich auch befänden.

VI. Außerdem, daß die Luft eine lange nicht so dünne und feine Materie ist, als der völlig durchsichtige Aether, so ist sie auch allezeit mit fremden Theilchen angefüllet, die von der Erde aufsteigen, als allen Arten von Ausdünstungen, und die ihrer Durchsichtigkeit schädlich sind; dergestalt, daß, wenn ein Stral einem solchen Theilchen begegnet, er davon aufgefangen und fast verschlungen wird. Und so ist auch deutlich, daß, je mehr die Luft mit diesen Theilchen, die dem durchfallenden Lichte hinderlich sind, angefüllet ist, die Stralen sich auch um desto mehr darinn verlieren müssen; Ew. Hoheit wissen auch, daß ein dicker Nebel die Luft fast aller ihrer Durchsichtigkeit beraubet, so daß man oft die Gegenstände nicht auf drey Schritte weit unterscheiden kann.



VII. Die gezeichneten Punkte in dieser Figur mögen solche in der Luft verstreute Theilchen vorstellen, deren Anzahl bald größer bald kleiner ist, nachdem die Luft weniger oder mehr helle ist. Es ist also klar, daß viele Stralen, die durch diesen Raum gehen, sich verlieren müssen, und daß dieser Verlust um desto größer seyn wird, je größer der Weg ist, den sie in dieser Luft zu gehen haben. Daher sehen wir, daß in einem Nebel die entfernten Gegenstände unsichtbar werden, und nur diejenigen, so dem Auge sehr nahe sind, noch bemerkt werden können: die Ursache davon ist, weil die Stralen der ersten auf ihrem Wege einer größern Anzahl von Theilchen begegnen, welche sie aufhalten.

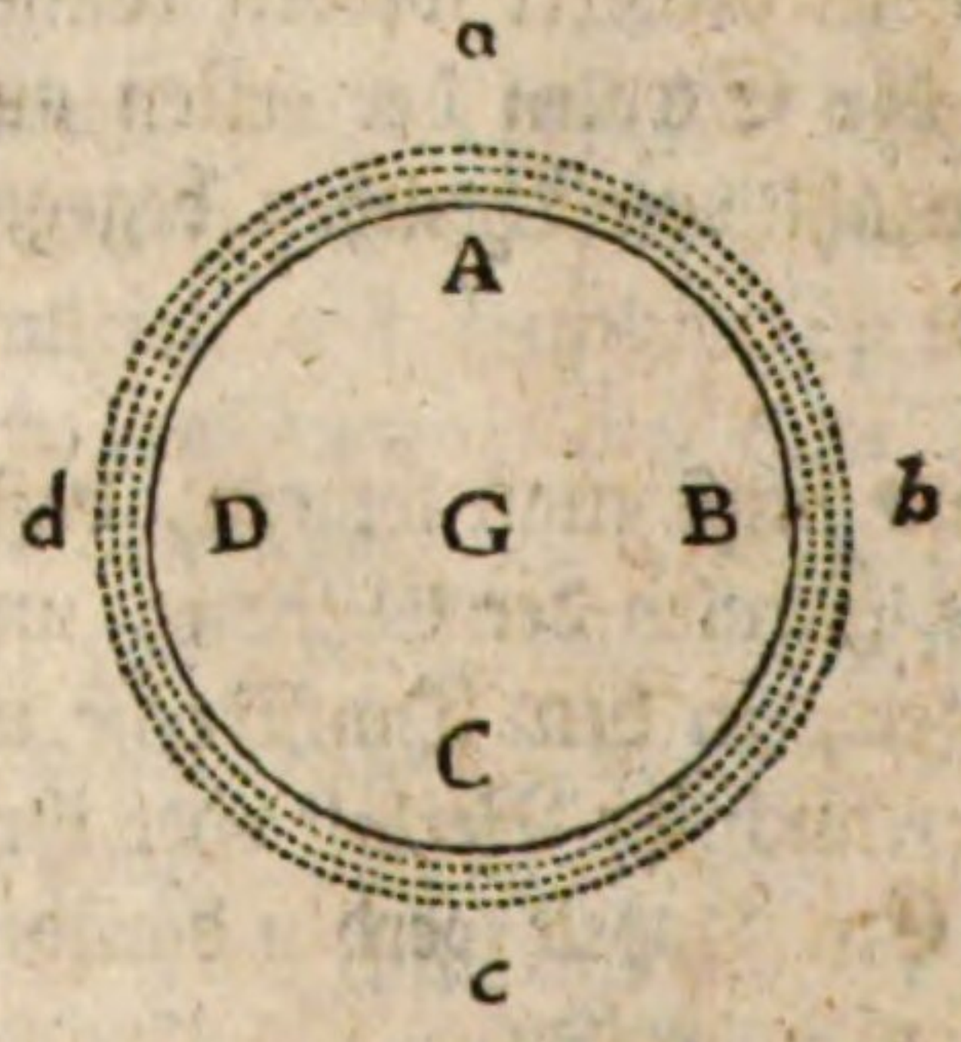
VIII. Daraus muß man folgern, daß, je länger der Weg ist, den die Stralen der Gestirne, um bis zu unsern Augen zu gelangen, in dem Dunstkreise machen müssen, desto beträchtlicher auch ihr Verlust oder ihre Schwächung werden müsse. Ew. Hoheit werden darüber nicht den geringsten Zweifel mehr haben. Es bleibt also nur noch übrig, zu beweisen, daß die Stralen der Sterne, die wir nahe an unserm Horizont sehen, einen weit größern Weg in unserm Dunstkreise durchzulaufen haben, als wenn sie sich näher an unserm Scheitelpunkte befinden. Dadurch werden Ew. Hoheit die wahre Ursache begreifen, weswegen die Sterne, welche nahe am Horizont bey ihrem Auf- oder Untergange befindlich sind, viel weniger glänzend scheinen.

Dieses wird den Inhalt meines nächsten Briefes ausmachen.

den 1sten May 1762.

Zweyhundert und neun und zwanzigster Brief.

Vielleicht wird das, was ich behauptet habe, daß die Stralen der Gestirne, die am Horizont stehen, einen größern Weg durch unsern Dunstkreis zu machen haben, Ew. Hoheit sehr befremden, da der Dunstkreis sich allenthalben in gleicher Höhe ausbreitet, dergestalt, daß, an welchem Ort sich auch ein Stern befinde, seine Stralen allezeit desselben ganze Höhe durchdringen müssen, ehe sie an unser Auge gelangen. Aber ich hoffe, daß die nachfolgenden Betrachtungen allen Zweifel heben werden.

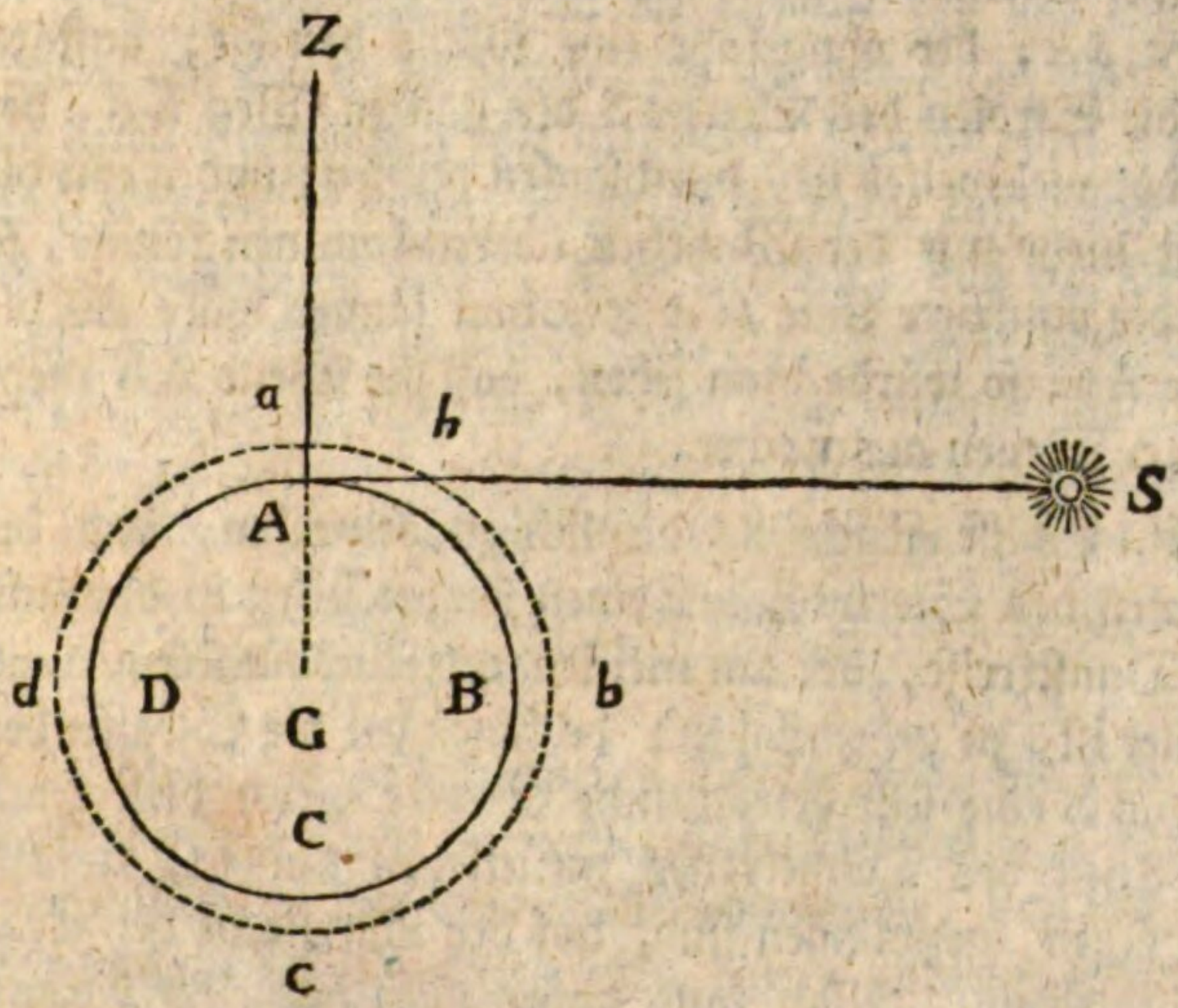


I. Zuerst muß man sich einen richtigen Begriff von dem Dunstkreise machen, welcher die Erde umgiebt. Zu diesem Ende stellet der innere Kreis A B C D die Erde selbst vor, und der äußere punktirte a b c d bestimmet den Dunstkreis. Man muß anmerken, daß überall in dem Maaße, als sich die Luft über die Oberfläche der Erde erhebet, sie immer mehr und mehr dünn und fein

wird,

wird, so daß sie sich endlich in dem Aether verlieret, der den ganzen Himmelsraum einnimmt.

II. Die dickste Luft, oder diejenige, welche am meisten mit Theilchen angefüllt ist, die die Stralen verschlucken, ist ganz unten, nahe an der Oberfläche der Erde. Von da wird sie weiter hinauf immer dünner, und folglich auch dem Lichte weniger schädlich; und in der Höhe einer deutschen Meile ist sie schon so fein, daß sie dem Lichte keinen merklichen Abbruch thun kann. Man kann also die Weite zwischen dem innern und äußern Kreise ohngefähr auf eine deutsche Meile festsetzen; da nun der halbe Durchmesser der Erde ohngefähr 860 Meilen enthält, so ist die Höhe des Dunstkreises gegen die Größe der Erdkugel unbeträchtlich.



III. Wir wollen jetzt einen Zuschauer in A auf der Oberfläche der Erde annehmen, und aus dem Mittelpunkte der Erde G eine Linie G Z durch A ziehen, welche nach dem Scheitelpunkt unsers Zuschauers zulaufen wird.

Die Linie AS, die senkrecht darauf stehet und die Erde berühret, wird dem Zuschauer horizontal seyn. Folglich wird man einen Stern in Z im Scheitelpunkte oder in dem höchsten Punkte des Himmels sehen, und ein Stern in S wird bey dem Auf- oder Untergehen am Horizont erscheinen. Es hindert nichts, sowohl den einen als den andern Stern für unendlich entfernt von der Erde anzusehen, ohnerachtet ich es in der Figur nicht habe ausdrücken können.

IV. Jetzt dürfen Ew. Hoheit Ihre Augen nur auf die Figur der vorhergehenden Seite richten, um zu sehen, daß die Stralen, die von S ausgehen, einen viel weitern Weg im Dunstkreis zu machen haben, als die vom Stern Z, ehe sie das Auge des Zuschauers erreichen. Die Stralen des Sterns Z durchlaufen nur die Höhe des Dunstkreises aA, der ohngefähr eine Meile beträgt; anstatt, daß die Stralen des Sterns S den ganzen Weg hA, der offenbar viel weiter ist, durchlaufen müssen; und wenn die Figur mehr mit der Wahrheit übereinkommen könnte, so daß die punktirte Linie GA 860mal länger wäre als die Höhe Aa, so würde man sehen, daß die Weite Ah mehr als 40 Meilen ausmachet.

V. Es ist gleichfalls dienlich zu bemerken, daß die Stralen des Sterns Z nur einen kurzen Weg in dem untern Dunstkreise, der am meisten mit Ausdünstungen angefüllet ist, zu gehen haben; da hingegen die Stralen des Sterns S eine sehr beträchtliche Strecke durch diesen untern Theil des Dunstkreises zurücklegen müssen, ja fast, so zu sagen, gezwungen sind, auf der Oberfläche der Erde fortzukriechen. Man kann daher ganz natürlich daraus schließen, daß die Stralen des Sterns in Z fast gar keine Schwächung leiden, dagegen die von dem Stern S fast gänzlich verschluckt werden, wegen des weiten Weges, den sie in der dicken Luft durchlaufen müssen.

VI. Es

VI. Es ist also unwiderleglich bewiesen, daß die Sterne, die wir am Horizont sehen, von ihrem Glanze nothwendig viel verlieren müssen. Ew. Hoheit werden jetzt leicht begreifen, warum wir unsere Augen auf die auf- oder untergehende Sonne richten können, ohne daß sie davon Schaden nehmen; da hingegen am Mittage, wenn die Sonne hoch stehet, ihr Glanz uns unerträglich ist. Dieses war der erste Punkt, den ich mir zu erläutern vorgesetzt hatte: es bleibt mir jetzt nichts übrig, als den andern zu beweisen, nemlich daß eben dieselbe Schwächung des Lichts uns beynahe zwinget, uns einzubilden, daß die Himmelskörper alsdenn entfernter von uns wären, als wenn wir sie in ihrem vollen Glanze sehen.

VII. Hievon muß man die Ursache bey den Gegenständen auf der Erde suchen, die wir alle Tage sehen und von deren Entfernung wir urtheilen. Denn eben deswegen, weil die Stralen, wenn sie durch die Luft gehen, einige Schwächung leiden, ist es offenbar, daß ein Gegenstand desto mehr von seiner Helligkeit verlieret oder desto dunkler scheinet, je weiter er von uns entfernt ist. So scheint uns ein weit entfernter Berg sehr dunkel; aber wenn wir uns ihm mehr nähern, so unterscheiden wir leichtlich die Bäume darauf, welches in einer großen Entfernung unmöglich ist.

VIII. Diese so allgemeine Bemerkung, die bey Gegenständen der Erde niemals trügt, hat uns von der ersten Jugend an den Grundsatz beygebracht, daß wir alle Gegenstände für so viel entfernter halten, als die Stralen, die davon auf uns fallen, schwächer sind. Von diesem Satze kommt es also her, daß wir den Mond bey seinem Auf- oder Untergange für viel entfernter von uns halten, als wenn er schon eine beträchtliche Höhe erreicht hat; und aus eben dieser Ursache halten wir ihn auch für desto größer.

Ich

Ich schmeichle mir, daß Ew. Hoheit diese Ursachen vollkommen gegründet und diese sonderbare Erscheinung so gut aufgeklärt finden werden als es möglich ist.

den 4ten May 1762.

Zweyhundert und dreyßigster Brief.

Die Gewohnheit unserer Einbildungskraft, woraus ich diese ganz wunderliche Erscheinung erklärt habe, daß uns der Mond weit größer vorkommt, wenn er nahe am Horizont, als wenn er mitten am Himmel ist; diese Gewohnheit, sage ich, ist in unserm Verstande so eingewurzelt, daß er die Quelle von tausend falschen Vorstellungen ist, von welchen ich nur einige Ew. Hoheit vor Augen legen werde.

Von unserer Jugend an sehen wir uns gleichsam wider unsern Willen hingerissen, die Gegenstände für desto entfernter zu halten, je mehr ihr Glanz geschwächt ist; und von der andern Seite scheinen uns die sehr schimmernden Gegenstände näher als sie es sind. Diese Einbildung kommt ohne Zweifel nur aus einer unrichtigen Vorstellung her, die uns oft zum Irrthum verleitet. Nichts desto weniger ist sie uns so natürlich und zu gleicher Zeit so allgemein, daß niemand sich dafür in Acht nehmen kann, ohnerachtet der Irrthum, in den sie uns stürzet, oft sehr offenbar ist, wie ich die Ehre gehabt habe, Ew. Hoheit dieses in Absicht des Mondes zu zeigen; aber wir werden auf gleiche Weise bey vielen Gelegenheiten getäuscht, von welchen ich einige anzeigen will.

I. Es ist eine sehr bekannte Täuschung, daß in der Nacht eine Feuersbrunst uns viel näher scheinet, als sie in der That ist. Die Ursache davon ist klar genug; weil das Feuer sehr hell leuchtet, so halten wir es nach dem angenommenen Grundsatze unserer Einbildungskraft immer für näher als es ist.

II. Aus eben der Ursache scheint uns ein großer Saal, dessen Wände gut geweißt sind, immer kleiner zu seyn. Ew. Hoheit wissen, daß die weisse Farbe die hellste ist; wir halten daher die Wände dieses Saals für sehr nahe, und folglich wird die scheinbare Größe des Saals dadurch verringert.

III. In einem Saale hingegen, dessen Wände mit schwarzem Tuche bezogen sind, wie es bey großer Trauer gebräuchlich ist, spüren wir eine völlig entgegengesetzte Wirkung. Ein solches Zimmer scheint uns alsdenn viel geräumiger als es wirklich ist. Die schwarze Farbe ist ohne Zweifel die dunkelste, weil sie fast gar kein Licht in unsere Augen zurückwirft; und aus dieser Ursache scheint es uns, als ob die schwarzen Wände weiter von uns wären als sie wirklich sind. Man beziehe also die Wände eines Zimmers mit schwarzem Tuche, so wird es uns größer scheinen; und man lasse sie im Gegentheil gut weissen, so wird das Zimmer kleiner scheinen.

IV. Die Maler wissen sich diese falsche Einbildung, welche so natürlich und allen Menschen gemein ist, am besten zu Nutze zu machen. Ew. Hoheit wissen, daß ein und eben dasselbe Gemälde uns Gegenstände vorstellet, von denen einige außerordentlich weit und andere sehr nahe zu seyn scheinen; und hierinn bestehet eben eine der größten Kunstfertigkeiten geschickter Maler. Es ist unstreitig wunderbar, daß, ohnerachtet wir gewiß wissen, daß alle Vorstellungen eines Gemäldes auf einer Oberfläche, und also beynahe in gleicher Weite von unsern Augen ausgedruckt sind, wir doch darum nicht weniger getäuscht werden, und einige für sehr weit, andere aber für sehr nahe halten. Man schreibt gemeiniglich diese Täuschung einer geschickten Vermischung von Licht und Schatten zu, welche freylich den Malern sehr große Hülfe leisten muß. Aber Ew. Hoheit dürfen nur ein solches Gemälde betrachten, um gewahr zu werden, daß die Gegenstände, die uns sehr entfernt scheinen

sollen, sehr schwach und undeutlich ausgedrückt sind. Denn wenn wir unsere Augen auf sehr entfernte Gegenstände richten, werden wir wohl z. E. die Personen im Ganzen gewahr, aber ohne daß wir an ihnen die Nase, die Augen oder den Mund unterscheiden können; und genau nach diesem Anschein stellet der Maler diese Gegenstände vor. Was diejenigen betrifft, die wir für sehr nahe halten sollen, so giebt ihnen der Maler die lebhaftesten Farben, und bemüht sich, alle Kleinigkeiten daran sorgfältig auszudrücken. Wenn dieses Menschen sind, so unterscheiden wir an ihnen die geringsten Gesichtszüge, die Falten der Kleider, u. s. w. Alsdenn scheint eine solche Vorstellung gleichsam aus dem Gemälde hervorzutreten, da andere unterdessen tief hinein und weit hinten zu stehen scheinen.

V. Auf dieser Täuschung allein beruhet also die ganze Kunst der Malerey. Wären wir gewohnt nach der Wahrheit zu urtheilen, so würde diese Kunst so wenig, als wenn wir blind wären, statt haben. Der Maler würde alle seine Geschicklichkeit bey der Mischung der Farben anwenden, und wir würden doch sagen: hier auf diesem Gemälde ist ein rother, dort ein blauer Fleck, hier ein schwarzer Zug und dort sind einige weißlichte Linien, alles sitzt auf einer und derselben Oberfläche, es ist da nirgends Vertiefung und Erhöhung; es würde daher kein wirklicher Gegenstand auf diese Art sich abbilden lassen; er würde sich uns nicht anders darstellen, als eine Schrift auf dem Papier, und man würde sich vielleicht vergebens Mühe machen zu errathen, was die Flecken von verschiedenen Farben bedeuten sollten. Wäre es nicht bey einer solchen Vollkommenheit dennoch traurig, darüber ein Vergnügen zu missen, das wir aus einer Kunst alle Tage schöpfen können, die für uns so unterhaltend und unterrichtend ist?

den 8ten May 1762.

Zweyhundert und ein und dreyßigster Brief.

Ew. Hoheit begreifen nun die Ursache der Täuschung, wodurch der Mond, eben so wie die Sonne, uns am Horizont viel größer vorkommt, als wenn er höher aufgegangen ist. Dieses kommt daher, weil wir diese Körper alsdenn für entfernter von uns halten; und die Ursache dieser Vorstellung beruhet darauf, daß ihr Licht alsdenn beträchtlich geschwächet wird, wegen des langen Weges durch den Dunstkreis in der untern Gegend, welche am meisten mit allen Arten von Ausdünstungen angefüllet ist, die ihre Durchsichtigkeit verringern. Das ist der Inhalt aller Betrachtungen, die ich Ew. Hoheit über diese Sache vorzulegen die Ehre gehabt habe.

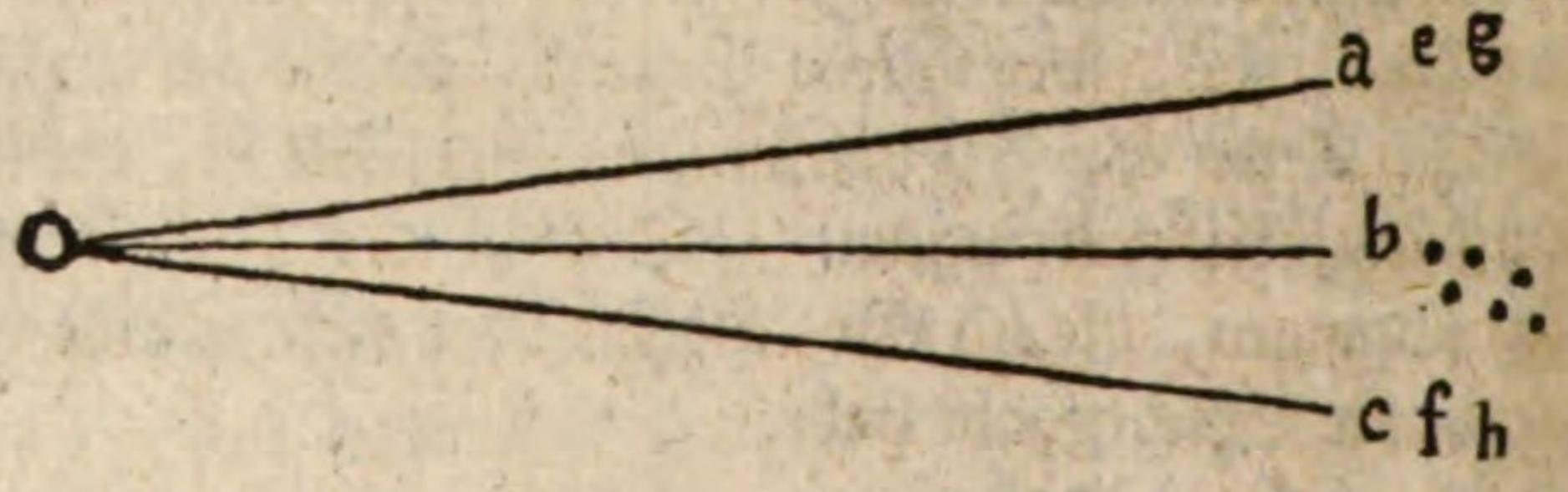
Diese Eigenschaft der Luft, die ihre Durchsichtigkeit verringert, könnte bey dem ersten Anblick für einen Fehler angesehen werden; aber betrachten wir die Folgen davon, so finden wir, daß sie nicht allein kein Fehler, sondern vielmehr ein Beweis der Weisheit und unendlichen Güte des Schöpfers sey. Dieser Unreinigkeit der Luft haben wir den bewundernswerthen und entzückenden Anblick des blauen Himmels zu danken. Denn die dunkeln Theilchen, die die Sonnenstralen aufhalten, werden dadurch erleuchtet, und werfen sogleich ihre eigenen Stralen, die durch eine heftige zitternde Bewegung auf ihrer Oberfläche entstehen, wieder auf uns, so wie es bey allen dunkeln Körpern geschieht. Die Menge ihrer zitternden Bewegungen aber ist so abgemessen, daß sie uns das schönste Blau vorstellet. Dieser Umstand verdient, daß ich ihn deutlicher entwickele.

I. Ich bemerke zuerst, daß diese Theilchen sehr klein und weit von einander entfernt, über das auch sehr dünn und fast gänzlich durchsichtig sind. Daher kommt es,

daß

daß ein jedes, einzeln genommen, unmerklich ist, und, wenn nicht eine große Anzahl dieser Theilchen ihre Stralen auf einmal und fast in derselben Richtung in unsere Augen senden, so können wir sie nicht empfinden. Es müssen sich also die Stralen von mehrern vereinigen, um in uns eine Empfindung zu erwecken.

II. Daraus folgt offenbar, daß diejenigen Theilchen, die uns nahe sind, unsern Sinnen unempfindbar bleiben, weil sie weitläuftig in der Luftmasse zerstreute Punkte sind.



Diejenigen aber, welche vom Auge weit entfernt sind, als die Punkte a, b, c, schicken ihre Stralen fast in einerley Richtung nach dem Auge, das nunmehr ihre vereinten Eindrücke empfindet, wozu noch kömmt, daß noch entferntere ähnliche Theilchen, e, f, g, h, auch andere nähere, den Eindruck verstärken helfen.

III. Die blaue Farbe, die wir am Himmel sehen, wenn es klar ist, ist also nichts anders als die vereinte Wirkung von allen diesen in dem Dunstkreise zerstreuten Theilchen, und vornemlich von denen, die von uns sehr weit entfernt sind. Man kann also zwar sagen, daß alle diese Theilchen, ihrer Natur nach, blau sind, aber von einem so äußerst blassen Blau, daß es nicht eher stark und sichtbar wird, als wenn sie in großer Anzahl sind, und ihre Stralen nach einerley Richtung vereinigen.

IV. Die Kunst kann eine gleiche Wirkung hervorbringen. Man lasse nur ein klein wenig Indigo in einer großen Menge Wassers zergehen; dieses wird, wenn man

es

es tropfenweise herunterfallen läßt, nicht die geringste Farbe zeigen, und wenn man etwas davon in einen kleinen Becher schüttet, nur eine sehr schwache blaulichte Farbe haben. Füllet man aber ein großes Gefäß damit an und betrachtet es von weitem, so wird man daran ein sehr dunkeles Blau gewahr. Eben diese Erfahrung kann man mit andern Farben anstellen. So scheint ein klein wenig Burgunderwein kaum etwas röthlich zu seyn, da doch eine große damit angefüllte Flasche ganz dunkelroth erscheinet.

V. Alles Wasser, wenn ein großer und tiefer Behälter damit angefüllet ist, scheinet eine gewisse Farbe zu haben, ohnerachtet ein wenig davon gänzlich hell und klar ist. Gewöhnlich ist diese Farbe mehr oder weniger grünlich; daher kann man sagen, daß die letzten Theilchen des Wassers grünlich sind, aber von einer so dünnen Farbe, daß man einen großen Haufen davon ansehen muß, ehe man sie wahrnimmt; weil alsdann die Stralen mehrerer Theilchen sich vereinigen, um eine gleiche Wirkung hervorzubringen.

VI. Da es durch diese Bemerkung wahrscheinlich wird, daß die letzten Bestandtheilchen des Wassers grünlich sind, so kann man behaupten, daß aus eben der Ursache, aus welcher das Meer oder das Wasser eines Sees oder eines Teichs uns grün scheinet, auch der Himmel uns blau vorkömmt. Denn es ist viel wahrscheinlicher, daß alle Theilchen der Luft eine blauliche, aber so schwache Farbe haben, daß sie nur erst sichtbar wird, wenn man eine sehr große Menge davon oder den ganzen Umfang des Dunstkreises ansiehet, als daß diese Farbe den Dünsten, die in der Luft herumfliegen und nicht zu ihr gehören, eigen seyn sollte.

VII. In der That, je reiner und freyer von Dünsten die Luft ist, desto glänzender ist das Himmelblau; welches hinreichend beweiset, daß man die Ursache davon in

den Bestandtheilen der Luft suchen müsse. Fremde Theile, die sich mit der Luft vermischen, als die Dünste, werden im Gegentheil diesem schönen Blau schädlich, und verderben den Glanz davon außerordentlich. Wenn solche Dünste die Luft zu sehr beschweren, so verursachen sie hier unten Nebel, und benehmen uns gänzlich den Anblick der blauen Farbe; wenn sie höher schweben, wie dieses gemeiniglich geschiehet, so entstehen daraus Wolken, die oft den ganzen Himmel bedecken, und eine ganz andere Farbe zeigen, als das Blaue der reinen Luft. Es ist dieses also eine neue Eigenschaft der Luft, außer der Feinheit, Flüßigkeit und Elasticität, welche ich Ew. Hoheit bereits zu erklären die Ehre gehabt, nemlich, daß die letzten Theilchen, woraus die Luft besteht, ihrer Natur nach bläulicht sind.

den 11ten May 1762.

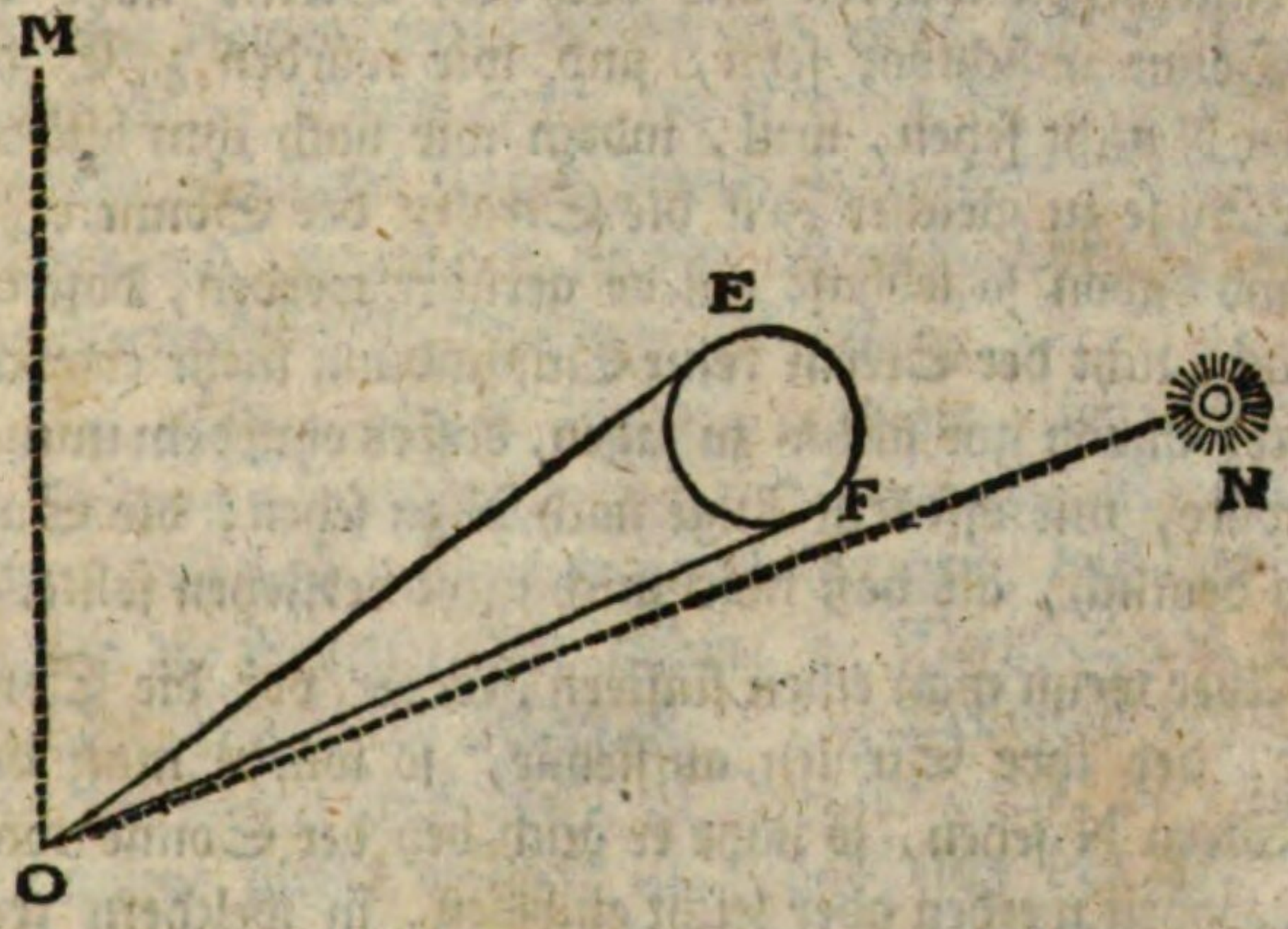
Zweyhundert und zwey und dreyßigster Brief.

Diese Farbe der Luft, die uns umgiebt, und ohne welche wir den schönen Anblick des blauen Himmels nicht haben würden, giebt mir noch Gelegenheit zu bemerken, daß wir sehr unglücklich seyn würden, wenn die Luft gänzlich durchsichtig und von diesen bläulichten Theilchen entblößt wäre, dergestalt, daß wir vielmehr darinn die unendliche Güte und die Weisheit des Schöpfers erkennen und bewundern müssen.

Um Ew. Hoheit vollkommen davon zu überzeugen, wollen wir annehmen, daß die Luft gänzlich durchsichtig und dem Aether gleich wäre, welcher, wie wir wissen, alle Stralen der Gestirne, ohne einen davon aufzuhalten, durchläßt, und keine Theilchen enthält, die durch fremde Stralen erleuchtbar wären, weil ein solches Theil-

chen

chen nicht erleuchtet werden könnte, ohne daß es einige Stralen, die darauf fallen, auffienge. Wenn nun die Luft aus lauter solchen Theilchen bestände, so würden alle Sonnenstralen gerade durchgehen, und kein Licht würde in unsere Augen zurückgeworfen werden; wir würden keine andere Stralen erhalten als die, welche unmittelbar von der Sonne kämen, folglich würde der ganze Himmel, nur den Ort ausgenommen, wo die Sonne ist, uns gänzlich dunkel seyn; und wenn wir in die Höhe sähen, würden wir, anstatt dieses schönen glänzenden Blaues, nur ein sehr dunkeles Schwarz und die finsterste Nacht wahrnehmen.



Die hier beygefügte Figur EF stellet die Sonne vor; und der Punkt O ist ein Zuschauer, dessen Auge keine andere Stralen von oben empfangen würde, als von der Sonne, dergestalt, daß alles Licht in dem Winkel EOF eingeschlossen seyn würde. Wenn er sein Gesicht nach einer andern Himmelsgegend, wie nach M, richten wollte, so würde er von daher keinen Stral erhalten, und es würde eben so seyn, als wenn er in einen gänzlich dunkeln Ort sähe; denn ein jeder Ort, der keine Stralen von

sich wirft, ist schwarz. Von den Sternen, mit welchen der Himmel angefüllt ist, rede ich hier nicht; denn wenn man das Auge nach M richtet, so hindert nichts die Stralen der Sterne, die sich etwan in dieser Gegend befinden, in das Auge zu fallen, und diese Stralen würden sogar mehr Kraft haben, weil sie alsdenn in dem Dunstkreise keine Schwächung leiden würden; man würde also alle Sterne eben so gut am hellen Tage als in der dunkelsten Nacht sehen; aber man muß bedenken, daß das Tageslicht nur auf einen einzigen kleinen Winkel eines jeden Zuschauers EOF eingeschränkt, und der ganze übrige Theil des Himmels Nacht seyn würde.

Unterdessen würden uns doch die Sterne nahe bey der Sonne unsichtbar seyn, und wir würden z. E. den Stern N nicht sehen, weil, indem wir nach ihm blickten, unser Auge zu gleicher Zeit die Stralen der Sonne erhalten und davon so lebhaft würde gerührt werden, daß das schwache Licht der Sterne keine Empfindung mehr erwecken könnte; davon gar nichts zu sagen, daß es ohnedem unmöglich wäre, mit offenem Auge nach N zu sehen; die Sache ist zu deutlich, als daß man mich nicht verstehen sollte.

Aber wenn man einen finstern Körper vor die Sonne hielte, der ihre Stralen auffienge, so würde man doch den Stern N sehen, so nahe er auch bey der Sonne wäre. Ew. Hoheit werden aber leicht einsehen, in welchem traurigen Zustande wir uns alsdenn befinden würden. Diese Nachbarschaft des größten Glanzes und der dunkelsten Finsterniß würde unser Gesicht so verletzen, daß wir sogleich davon blind werden würden. Man kann davon aus der Unbehaglichkeit urtheilen, die wir empfinden, wenn wir schleunig aus einem dunkeln Ort in einen sehr hellen übergehen.

Alle diese so widrige Folgen sind dadurch vermieden, daß die Luft Theile enthält, die ein wenig dunkel und erleucht-

leuchtbar sind. Nun wird, sobald die Sonne über den Horizont aufgehet, und selbst noch ein wenig vorher, der ganze Dunstkreis dadurch erleuchtet, und stellet uns dieses schöne Blau dar, welches ich Ew. Hoheit zu erklären die Ehre gehabt habe, dergestalt, daß unsere Augen, wir mögen sie auch wenden auf welche Seite wir wollen, eine Menge von Stralen, die in jenen Theilchen hervorgebracht sind, erhalten. So werden wir, wenn wir in der vorhergehenden Figur nach M sehen, daselbst eine große Helligkeit oder das glänzende Himmelblau gewahr.

Eben diese Helligkeit verhindert uns, die Sterne den Tag über zu sehen, und die Ursache davon ist deutlich. Diese Helligkeit übertrifft die Helligkeit der Sterne vielmal, und eine kleinere verschwindet vor einer andern, die viel größer ist. Denn wenn die Nerven der Netzhaut auf dem Boden unsers Auges bereits von einem starken Lichte gerührt sind, so können sie von dem schwachen Eindrucke der Sterne keine Empfindung haben.

Ew. Hoheit dürfen sich nur erinnern, daß das Licht des Vollmonds schon 300,000mal geringer ist, als das Licht der Sonne, um sich zu überzeugen, daß das Licht, welches die Sterne allein geben, in Vergleichung gegen das Licht der Sonne nichts ist. Die Helligkeit des Himmels des Tages über allein ist schon so groß, daß, wenn die Sonne gleich verdeckt ist, das Licht des Vollmondes doch von jener Helligkeit viel tausendmal übertroffen wird.

Ew. Hoheit werden schon bemerkt haben, daß selbst des Nachts, wenn der Mond voll ist, die Sterne einen viel schwächern Glanz haben, und man nur die größten von ihnen siehet, insbesondere nahe beym Mond; daß also ein großes Licht allezeit ein schwächeres unterdrückt.

So ist es auch ein großer Vortheil, daß unser Dunstkreis durch die Sonne, noch eher als sie aufgeht, erleuchtet

zu werden anfängt. Denn dieses bereitet uns vor, ihren lebhaften Glanz hernach zu ertragen, der uns unerträglich seyn würde, wenn Nacht und Tag plötzlich mit einander abwechselten. Die Zeit, während welcher der Dunstkreis vor dem Aufgange der Sonne erleuchtet wird, und nach dem Untergang derselben noch einiges Licht übrig behält, heißt die Dämmerung; und da dieses eine Sache ist, die eine nähere Untersuchung verdienet, so nehme ich mir vor, Ew. Hoheit damit weitläuftiger zu unterhalten. So ziehet in der Naturlehre ein Artikel den andern nach sich.

den 15ten May 1762.

Zweyhundert und drey und dreyßigster Brief.

Um die Ursache der Dämmerung, oder der Helligkeit des Himmels vor dem Auf- und nach dem Untergange der Sonne, zu erklären, dürfen Ew. Hoheit sich nur desjenigen erinnern, was ich Ihnen schon über den Horizont und den Dunstkreis zu sagen die Ehre gehabt habe.

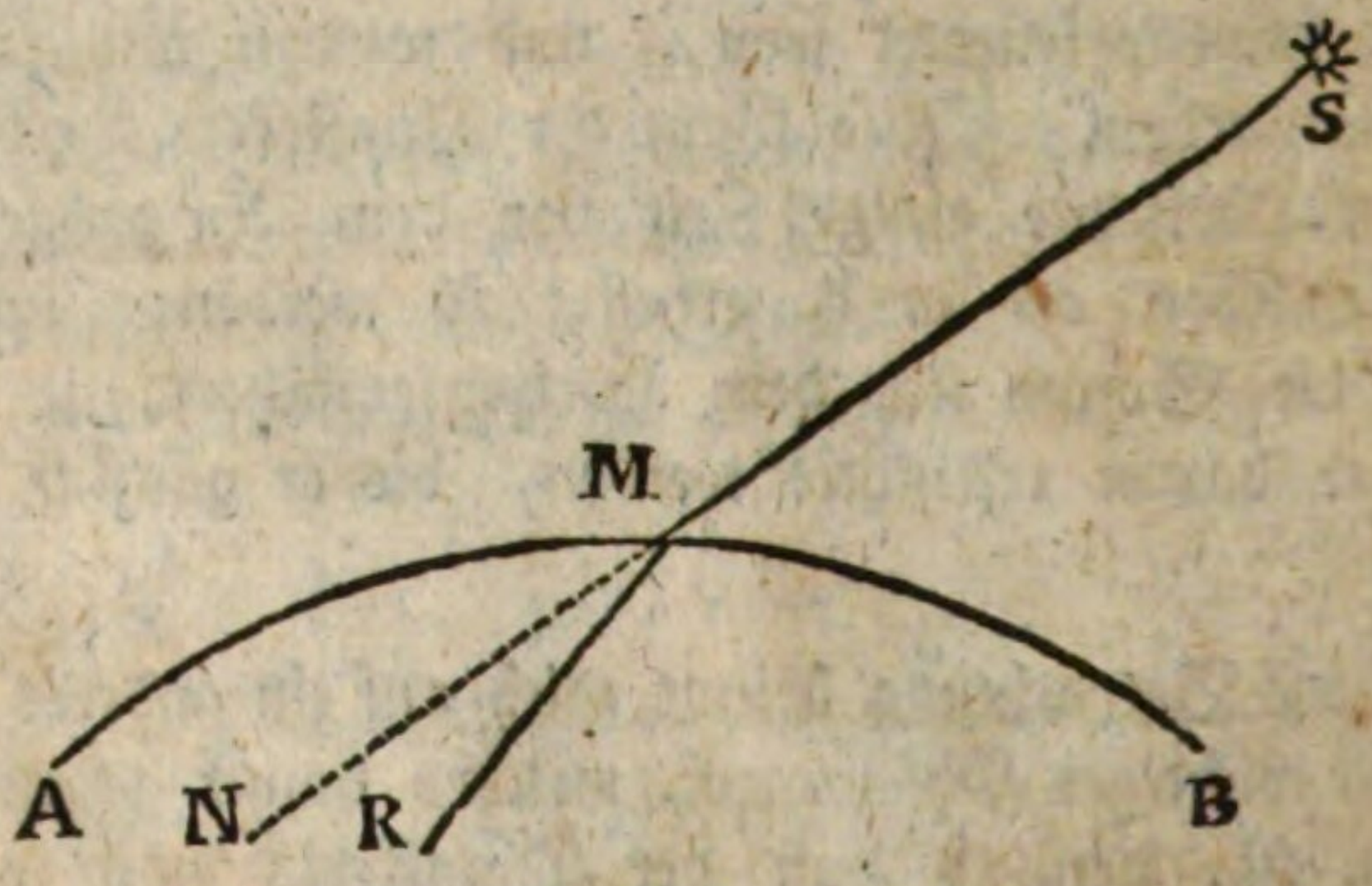
Der Zirkel AOBD stelle die Erde, und der punktirte Zirkel a o b d den Dunstkreis vor. Wir wollen einen Ort O auf der Erde annehmen, wo man eine gerade Linie H I ziehet, welche die Erde in O berühret, und diese Linie H I wird den Horizont vorstellen, der den Theil des Himmels, welcher uns sichtbar ist, von dem uns unsichtbaren absondert. Sobald also die Sonne diese Linie erreichet, so erscheint sie im Auf- oder Untergange am Horizont, und alsdann ist auch der ganze Dunstkreis davon erleuchtet. Wir wollen aber annehmen, daß die Sonne, ehe sie aufgehet, sich noch unter der Erde in S befindet, von wo der Stral S T K, der die Erde in T streifet, den Punkt des Dunstkreises, der an unserm Horizont gelegen ist, erreichen kann: so werden die dunkeln Theilchen, die sich daselbst befinden, davon schon erleuchtet seyn, und werden uns folglich sichtbar werden. Also fängt der Dunstkreis h o R auf unserm Horizonte einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne schon an in R erhellet zu werden; und je mehr die Sonne sich dem Horizonte nähert, je mehr wird er davon erleuchtet werden, bis er gänzlich helle wird.

Diese Betrachtung bringt mich auf ein anderes nicht weniger wichtiges Phänomen, welches damit genau verbunden ist, nemlich daß der Dunstkreis noch verursacht, daß wir die Sonne und die andern Gestirne einige Zeit vorher, ehe sie über unsern Horizont aufgehen, und noch einige Zeit nach ihrem Untergange, sehen. Die Ursache dieses Phänomens ist die Brechung der Stralen, wenn sie durch den reinen Aether in die dicke Luft kommen, welche unsern Dunstkreis ausmacht. Ich will dieses erklären.

I. Die Lichtstralen setzen ihren Weg in gerader ungebrochener Linie fort, wenn sie sich durch einen durchsichti-

sichtigen gleichförmigen Körper bewegen. Sobald sie in einen Körper anderer Art übergehen, so werden sie von ihrem geradlinichten Wege abgebracht, daß er gleichsam gebrochen wird; und dieses nennt man die Brechung der Stralen, wovon ich Ew. Hoheit lange zu unterhalten die Ehre gehabt habe, als ich erklärte, wie die Stralen gebrochen werden, wenn sie aus der Luft in Glas, und umgekehrt, fallen.

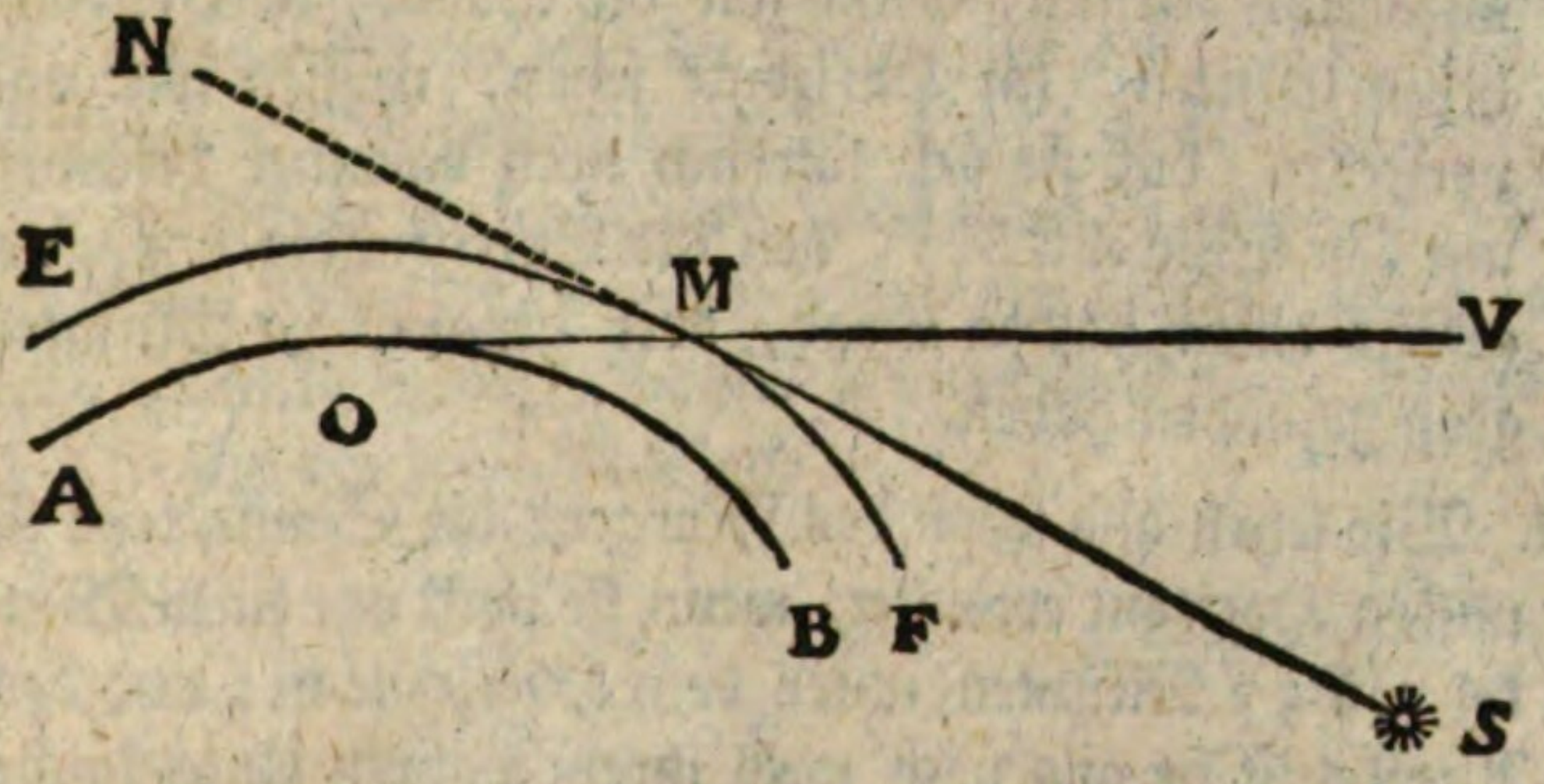
II. Da nun der Aether und die Luft zwey verschiedene Körper sind, so muß nothwendig ein Stral, der von dem Aether in die Luft gehet, einigermaßen gebrochen werden.



Wenn der Bogen dieses Zirkels AMB unsern Dunstkreis von oben bezeichnet, so kann ein Lichtstral MS, der aus dem Aether dahineinfällt in M, folgends seinen Weg nicht nach eben der geraden Linie MN fortsetzen; sondern, wenn er in die Luft kommt, muß er einen andern Weg MR nehmen, der ein wenig von MN abgehet, und der Winkel NMR wird der Brechungswinkel, oder auch schlechthin die Brechung genennet.

III. Ich

III. Ich habe schon angemerkt, daß diese Brechung desto größer ist, je schiefer der Stral SM auf die Oberfläche des Dunstkreises fällt, oder je nachdem der Winkel BMS kleiner oder spitzer ist. Denn wenn der Stral SM senkrecht auf die Oberfläche des Dunstkreises fiele, oder BMS ein rechter Winkel wäre, so würde alsdenn keine Brechung vorgehen, sondern der Stral würde seinen Weg nach eben der geraden Linie fortsetzen. Dieses ist eine allgemeine Regel bey allen Arten der Brechungen, die Mittel, wodurch die Stralen gehen, mögen auch beschaffen seyn wie sie wollen.



IV. Der Zirkelbogen AOB stelle die Oberfläche der Erde vor, und der Bogen EMF begränze den Dunstkreis. Wenn man also in O die Linie OMV ziehet, welche die Oberfläche der Erde in O berühret, so wird sie horizontal seyn. Nun befinde sich die Sonne noch unter dem Horizont in S, dergestalt, daß sie uns noch unsichtbar wäre, weil keiner von ihren Stralen in gerader Linie zu uns kommen könnte, und der Stral SM, wenn er verlängert wird, über uns weg nach N gehen würde. Aber da er in M auf den

Dunstkreis und zwar sehr schief fällt, und der Winkel FMS sehr klein ist, so wird er daselbst eine beträchtliche Brechung leiden, und anstatt nach N zu gehen, wird er gerade nach O kommen können, dergestalt, daß die Sonne uns schon sichtbar seyn wird, ohnerachtet sie sich noch wirklich unter dem Horizonte, oder, welches auf eins herauskommt, unter der horizontalen Linie OMV, befindet.

V. Weil indessen der Stral MO, der in unsere Augen fällt, horizontal ist, so versetzen wir in unsern Gedanken die Sonne in eben die Richtung, und bilden uns ein, daß sie sich in V oder im Horizonte befindet, ob sie gleich wirklich unter dem Horizonte ist. So auch hinwiederum allemal, wenn wir die Sonne, oder ein anderes Gestirn, im Horizonte sehen, müssen wir uns vorstellen, daß sie sich wirklich noch darunter befindet, um den Winkel SMV, den die Sternkundigen ohngefähr einen halben Grad, oder genauer 32 Minuten groß gefunden haben.

VI. Wir sehen also schon des Morgens die Sonne, ehe sie unsern Horizont erreichet, wenn sie noch um einen Winkel von 32 Minuten unter dem Horizonte ist; und des Abends ist sie uns noch nach ihrem wahren Untergange sichtbar, weil sie nicht eher verschwindet, als bis sie um einen Winkel von 32 Minuten unter dem Horizonte erniedriget ist. Man nennt den wahren Auf- oder Untergang der Sonne, wenn sie sich wirklich im Horizonte befindet; aber wenn sie des Morgens zu erscheinen anfängt, oder des Abends verschwindet, ist es der scheinbare Auf- oder Untergang.

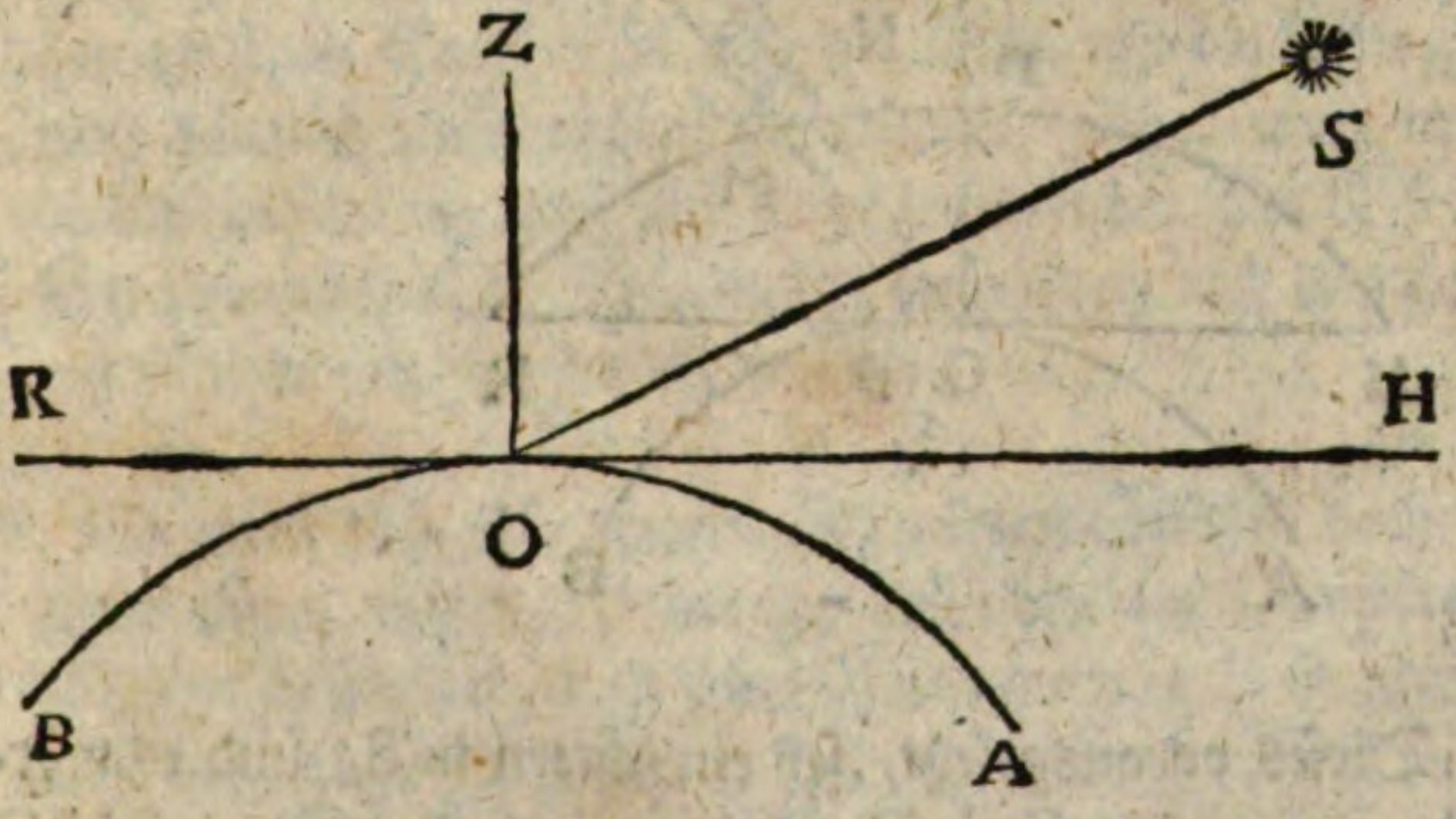
VII. Diese Brechung in dem Dunstkreise, welche verursacht, daß der scheinbare Aufgang der Sonne früher, und der scheinbare Untergang später als der wahre geschieht,

schieht, diese Brechung, sage ich, verschafft uns den Vortheil, längere Tage zu haben, als sie sonst, ohne diese Wirkung des Dunstkreises, seyn würden. Hier ist also die Erklärung eines recht wichtigen Phänomens.

den 18ten May 1762.

Zweyhundert und vier und dreyßigster Brief.

Ew. Hoheit kennen jetzt eine recht sonderbare Wirkung unsers Dunstkreises, wodurch wir die Sonne und alle andere Himmelskörper am Horizonte sehen, wenn sie noch wirklich darunter sind, und uns ohne die Brechung des Dunstkreises gänzlich unsichtbar seyn würden. Aus eben dieser Ursache scheinet uns die Sonne, so wie alle Sterne, allezeit höher über dem Horizonte, als sie es wirklich sind; daher muß man die scheinbare Höhe eines Sterns von seiner wahren Höhe, in der er sich befinden würde, wenn es keinen Dunstkreis gäbe, sorgfältig unterscheiden. Ich will dieses in sein ganzes Licht setzen.



I. Der Bogen AOB sey ein Theil der Oberfläche der Erde, und O der Ort, wo wir uns befinden. Durch diesen

diesen ziehe man eine gerade Linie HOR, die die Oberfläche der Erde berühret, so wird diese Linie HOR uns den wahren Horizont anzeigen. Oder man errichte in O senkrecht die gerade Linie OZ, die eben dieselbe ist, die ein aufgehängter und mit einem Gewichte beschwerter Faden anzeiget. Diese Linie heißt hier senkrecht, und der Punkt am Himmel Z, wo sie hinläuft, heißt der Scheitelpunkt. Nun ist die Linie OZ senkrecht auf die horizontale Linie HOR, dergestalt, daß, wenn man eine von beyden Linien genau kennt, man leichtlich die andere darnach bestimmen kann.

II. Dieses vorausgesetzt, sey ein Stern in S; und es würde, wenn kein Dunstkreis da wäre, der Stral SMO in gerader Linie auf das Auge O zugehen, so daß wir ihn in eben der Richtung OMS, in welcher er sich

wirk-

wirklich befindet, das ist, an seiner wahren Stelle sehen würden. Alsdann mißt man den Winkel SOR, den der Stral SO mit dem Horizont OR macht, und dieser Winkel heißt die Höhe des Sterns, oder seine Erhöhung über den Horizont. Oder man misset den Winkel SOZ, den der Stral SO mit der senkrechten Linie OZ macht, die nach dem Scheitelpunkte gehet; und weil der Winkel ZOR ein rechter Winkel ist, der 90 Grad hält, so darf man nur den Winkel SOZ von 90 Graden abziehen, um den Winkel SOR zu haben, der die wahre Höhe des Sterns angiebt.

III. Nun wollen wir auf den Dunstkreis Rücksicht nehmen, der durch den Bogen HDNMR begränzt seyn soll. Ich bemerke sogleich, daß der vorige Stral des Sterns SM, wenn er in M in den Dunstkreis kommt, seinen Weg gegen das Auge in O nicht fortsetzen kann, sondern wegen der Brechung einen andern Weg nehmen muß, nemlich MI', und folglich nicht in unsere Augen kommen kann, so daß, wenn der Stern nur den einzigen Stral SM auf die Erde werfen sollte, er uns gänzlich unsichtbar seyn würde. Aber man muß dabey bedenken, daß ein jeder leuchtender Punkt seine Stralen nach allen Richtungen aussendet, und den ganzen Raum um sich damit erfüllet.

IV. Es wird sich also unter allen andern Stralen doch irgend einer, wie SN, finden, der oben im Dunstkreise so gebrochen wird, daß seine Verlängerung NO gerade auf das Auge O gehet. Der gebrochene Stral NO befindet sich also nicht in gerader Linie mit dem Stral SM; und wenn man die Linie NO bis s verlängert, so wird die Verlängerung Ns einen Winkel

mit

mit dem Stral NS machen, nemlich den Winkel sNS, der eben das ist, was man die Brechung nennt, und der desto größer ist, je nachdem der Winkel SNR, unter welchem der Stral SN in den Dunstkreis kommt, spitzer ist, wie ich im vorhergehenden Briefe angemerkt habe.

V. Folglich ist es jetzt der Stral NO, der in unsern Augen das Bild des Sterns S malt, und ihn uns sichtbar macht; und da dieser Stral zu uns in der Richtung NO kommt, gerade als wenn sich der Stern in N befände, so glauben wir auch, daß der Stern wirklich da, oder doch in der verlängerten Linie irgendwo in s sey. Da dieser Ort s von dem wahren S verschieden ist, so nennt man s die scheinbare Stelle des Sterns, welche man von der wahren Stelle S, wo wir den Stern sehen würden, wenn es keinen Dunstkreis gäbe, wohl unterscheiden muß.

VI. Weil wir den Stern vermittelst des Strals NO sehen, so ist gegenwärtig der Winkel NOR, den dieser Stral NO mit dem Horizonte macht, die scheinbare Höhe des Sterns; und wenn man den Winkel NOR mit dazu gehörigen Instrumenten misset, so sagt man, daß man die scheinbare Höhe des Sterns gefunden habe, weil der Winkel ROS, wie wir eben gesehen haben, desselben wahre Höhe ist.

VII. Es ist daher offenbar, daß die scheinbare Höhe RON größer ist, als die wahre Höhe ROM, so daß uns die Sterne höher über dem Horizont vorkommen, als sie es wirklich sind; daß es auch aus eben der Ursache geschiehet, als warum die Sterne schon am Horizonte zu seyn scheinen, wenn sie noch unter demsel-

ben sind. Nun ist der Ueberschuß der scheinbaren Höhe über die wahre der Winkel MON, der von dem Brechungswinkel SNs nicht verschieden ist; denn obgleich der Winkel SNs, als der äußere Winkel im Triangel SNO, den beyden innern einander entgegengesetzten SON und NSO zusammengenommen gleich ist: so muß man doch betrachten, daß, wegen der sehr großen Entfernung der Sterne, die Linien OS und NS fast parallel sind, und folglich der Winkel OSN verschwindet, so, daß der Winkel SON dem Winkel der Brechung SNs fast gleich ist.

VIII. Wenn man also die scheinbare Höhe eines Sterns gefunden hat, so muß man die Brechung davon abziehen, um seine wahre Höhe zu haben, welche man nur durch dieses Mittel herausbringen kann. Deswegen haben die Sternkundige sich viele Mühe gegeben, um die Brechung genau zu erfahren, welche man von jeder scheinbaren Höhe abziehen muß, oder um die man die scheinbare Stelle eines Sterns erniedrigen muß, die wahre zu erhalten.

IX. Nach einer langen Reihe von Erfahrungen haben sie endlich eine Tabelle gemacht, die man die Refractionstabelle nennt, worinn für jede scheinbare Höhe die Brechung oder der Winkel angegeben ist, den man davon abziehen muß. Wenn also keine scheinbare Höhe da ist, oder wenn der Stern am Horizont erscheint, so beträgt die Brechung 32 Minuten, um welche man den Stern unter den Horizont erniedrigen muß. Wenn aber der Stern auch nur ein wenig über den Horizont aufgegangen zu seyn scheinet, so wird die Brechung schon viel kleiner. In der Höhe von 15 Grad

beträgt

beträgt die Brechung nicht mehr als 4 Minuten, in der Höhe von 40 Graden nur eine Minute, und bey größern Höhen wird sie immer kleiner, bis sie endlich in der Höhe von 90 Graden gänzlich verschwindet.

X. Dieses erfolgt, wenn ein Stern am Scheitelpunkte selbst gesehen wird, denn alsdenn ist seine Höhe 90 Grad, und die wahre Höhe ist mit der scheinbaren einerley; oder wir sind überzeugt, daß ein Stern, den wir im Scheitelpunkte sehen, sich daselbst wirklich befindet, und daß die Brechung des Dunstkreises hier seinen Ort nicht verändert, wie doch bey allen andern Stellungen geschiehet.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Euler, Leonhard,

Briefe an eine deutsche Prinzessinn über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie

Bd.: 3

Leipzig 1780

Phys.g. 115 n-1/3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130995-2
VD18 80281133-001